



Avsluttende Case BIM2001

Prosjektrapport

BIM og robotteknologi



FORFATTER(E):

Halvard Sletvold

Per-Kristian Westermann

Dato: 26.05.14



SAMMENDRAG

Tittel:	BIM og robotteknologi	Dato : 26.05.14
Deltaker(e)/	Halvard Sletvold	
	Per-Kristian Westermann	
Veileder(e):	Bjørn Arild Godager	
Evt. oppdragsgiver:	Vintervoll AS	
Stikkord/nøkkelord (3-5 stk)	Borerobot, IFU, BIM, Revit (objektmodellering, prosjektering, eksportering), IFC	
Antall sider/ord: 56/13427	Antall vedlegg: 3	Publiseringsavtale inngått: ja, (unntatt filvedlegg)
<p>Kort beskrivelse av den avsluttende Case-oppgaven:</p> <p>Denne Case-oppgaven tar utgangspunkt i et IFU-prosjekt mellom nLink As og Vintervoll AS, som er støttet av Innovasjon Norge. Prosjektet går ut på å utvikle et robotbasert system for automatisk boring i betong (kan også brukes i andre materialer). I denne oppgaven går vi igjennom hvordan man kan modellere, prosjektere og eksportere borehull til en borerobot, disse borehullene inneholder bl.a. posisjon (x, y, z), dybde, diameter, toleranse, fag, osv. Borehullene modelleres, prosjekteres og eksporteres fra Autodesk Revit 2014. Vi ser kort igjennom BIM, hvordan boreroboten fungerer i dag og veien videre, HMS, LEAN, filformater og posisjonering.</p>		

Innhold

Figurliste	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Definisjon og avgrensning av oppgaven	7
1.3 Disposisjon	8
1.4 Metode	8
2. Teori	9
2.1 BIM	9
2.2 Boreroboten og utviklingsprosjektet (nLink AS, 2013)	11
2.2.1 Mulige bruksområder for borerobot på byggeplass	12
2.2.2 HMS og effektivisering med bruk av borerobot	12
2.2.3 Forventninger til borerobot	13
2.3 Produktivitet	14
2.3.1 LEAN: Lean Construction, TFV, Trimmet Bygging, Last Planer System etc.	14
2.3.2 Lean Construction	15
2.3.3 TB Trimmet Bygging	15
2.3.4 BIM, LEAN og borerobot	15
2.4 Filformater	16
2.4.1 2D-vektorformater	16
2.4.2 3D-overflateformater	16
2.4.3 3D objektutvekslingsformater	16
2.4.4 GIS-formater	17
2.4.5 XML-formater	17
2.4.6 Tekstfil (TXT)	17
2.5 Posisjonering	18
2.5.1 Posisjon i BIM-modell	18
2.5.2 Posisjonering av boreroboten	18
2.6 Programvaren, programvare- og utstyrsleverandør	20
2.6.1 Autodesk Revit 2014	20
2.6.2 Cad-Q AS og Naviate	20
2.6.3 Glamox AS	21
3. Modelleringen	22
3.1 Selve modelleringen	22

3.1.1 Egen modell	22
3.1.2 Origo	23
3.1.3 Familier i Revit	24
3.1.4 Hvilken informasjon behøver boreroboten om hullene?.....	25
3.1.5 Lage objektet Borehull/SurveyMarker	25
3.1.6 Import og prosjektering med objektene Borehull/SurveyMarker og Linjehull.....	30
3.1.7 Prosjektering av borehull i Origo.....	31
3.2 Eksport fra Revit	34
3.2.1 DWG tegningsformat (2D).....	35
3.2.2 DWF/DWFX.....	36
3.2.3 IFC.....	37
3.2.4 TXT	38
3.2.5 Eksport fra Origo	39
3.3 Momenter ved import av borehull til borerobot	41
4. Diskusjon	42
5. Konklusjon	44
Kilder.....	45
Vedlegg 01 – Forslag fra Glamox.....	47
Vedlegg 02 - Filvedlegg til prosjektet	50
Vedlegg 03 - Forprosjekt	52
1. MÅL OG RAMMER	54
1.1. Bakgrunn (forprosjekt)	54
1.2. Prosjekt mål (Effekt mål og Resultat mål).....	54
1.3. Rammer	55
2. OMFANG (FORPROSJEKT).....	55
3. PROSJEKTORGANISERING.....	55
4. PLANLEGGING, OPPFØLGING OG RAPPORTERING.....	56
5. ORGANISERING AV KVALITETSSIKRING	56
6. PLAN FOR GJENNOMFØRING	56

Figurliste

Figur 2.1-1 – 3D-modell av Origo.....	9
Figur 2.1-2 – Revit-modell av Origo.....	9
Figur 2.1-3 – Graf BIM kontra konvensjonell byggeprosess.....	10
Figur 2.2-1 – Boreroboten på lift.....	11
Figur 2.2-2 – Boreroboten.....	11
Figur 2.2.2-1 – Graf fra bedriftsundersøkelse.....	13
Figur 2.2.3-1 – Fire raske påstander om boreroboten.....	13
Figur 2.3-1 – Graf timesproduktiviteten.....	14
Figur 2.4.3-1 – buildingSMART (IFC).....	17
Figur 2.5.2-1 – Posisjonering av boreroboten.....	18
Figur 2.6.2.2-1 – Hovedelementene i Cad-Q Naviate.....	20
Figur 2.6.2.3-1 – SurveyMarker funksjonen.....	21
Figur 3.1.1-1 – Egen modell i 2D.....	22
Figur 3.1.1-2 – Egen modell i 3D.....	22
Figur 3.1.1-3 – Borehull i Egen modell.....	22
Figur 3.1.2-1 – Origo.....	23
Figur 3.1.3-1 – Revit familieoppbygging.....	24
Figur 3.1.5-1 – Borehull/SurveyMarker i 2D.....	25
Figur 3.1.5-2 – Borehull/SurveyMarker i 3D.....	25
Figur 3.1.5-3 – Tabell over norske egenskapsfelter SurveyMarker.....	26
Figur 3.1.5-4 – Tabell over engelske egenskapsfelter SurveyMarker.....	26
Figur 3.1.5.1-1 – Veien til delte parametere.....	26
Figur 3.1.5.1-2 – Tabell over parametervalg SurveyMarker.....	27
Figur 3.1.5.2-1 – Nøsting av borehull/SurveyMarker.....	27
Figur 3.1.5.2-2 – Styr «Bor hullet»	28
Figur 3.1.5.3-1 – Egenskapsfeltene til Linjehull.....	28
Figur 3.1.5.3-2 – Linjehull i 2D.....	29
Figur 3.1.5.4-1 – Tabellen Borehull.....	29
Figur 3.1.6.1-1 – Familieliste over Linjehull i Revit.....	30
Figur 3.1.6.1-2 – Familieliste over SurveyMarker i Revit.....	30
Figur 3.1.6.2-1 – Borehullene i Egen modell.....	30
Figur 3.1.6.3-1 – Resultat av oppdatering av plasseringen av borehull i Egen modell.....	30
Figur 3.1.7.1-1 – Origo antall borehull ARK.....	32
Figur 3.1.7.2-1 – Origo antall borehull RIR.....	32
Figur 3.1.7.3-1 – Origo antall borehull RIE.....	32
Figur 3.1.7.4-1 – Origo antall borehull RIV.....	32
Figur 3.1.7.5-1 – Origo plan U1 samlet modell.....	33
Figur 3.2-1 – Eksportvalgene i Revit.....	34
Figur 3.2.1-1 – Oppsett eksport CAD.....	35
Figur 3.2.1-2 – CAD utsnitt fra Revit.....	35
Figur 3.2.1-3 – CAD utsnitt fra Autocad.....	35
Figur 3.2.2-1 – Filstørrelser for DWF/DWFX.....	36
Figur 3.2.2-2 – DWFX 3D-view.....	36
Figur 3.2.2-3 – DWFX 2D-view.....	36

Figur 3.2.3-1 – Valg IFC-eksport.....	37
Figur 3.2.3-2 – IFC i notisblokk.....	37
Figur 3.2.3-3 – IFC eksportinnstillinger.....	37
Figur 3.2.4-1 – Tabellen Borehull.....	38
Figur 3.2.4-2 – Oppsett eksport til TXT.....	38
Figur 3.2.4-3 – TXT etter eksport.....	38
Figur 3.2.5-1 – Antall borehull pr. plan.....	39
Figur 3.2.5-2 – Antall borehull pr. fag pr. plan.....	39
Figur 3.2.5-3 – Antall borehull for hele bygget.....	39
Figur 3.2.5-4 – Borehull Origo plan U1 samlet modell.....	40

1. Innledning

Teksten i denne besvarelsen forutsetter at leser har en viss bakgrunnskunnskap vedr. BIM, Autodesk Revit, filformater og byggebransjen forøvrig.

1.1 Bakgrunn

Dette er siste oppgave i faget Modelleringscase BIM2001, som er avsluttende emne for et årsstudium i BygningsInformasjonsModellering (BIM) ved Høgskolen i Gjøvik. Vi har i denne oppgaven undersøkt hvordan nLink AS sin borerobotteknologi kan integreres med BIM. Oppdragsgiver er Vintervoll AS.

Dette er et utviklingsprosjekt hvor nLink AS i samarbeid med Vintervoll AS, skal utvikle et mobilt robotbasert system for automatisert boring i betong (kan brukes på andre materialer også). Utviklingsprosjektet har støtte fra Innovasjon Norge.

Den naturlige utviklingen videre etter utviklingsprosjektets første fase, vil være hvordan man kan få boreroboten til å nyttiggjøre seg borehullinformasjon rett fra en BIM-modell. Dette, basert på informasjon fra objektene det modelleres med og posisjonen de har i modellen. Det er ikke bevilget penger til denne fasen av prosjektet ennå, så vi har utført undersøkende nybrottsarbeid for å finne ut om det er mulig å legge slik informasjon inn i en BIM-modell/-objekter. For så å få de eksportert ut til et format som boreroboten kunne nyttiggjøre seg. Vårt mål var å finne en løsning på dette, basert på åpne standarder.

Linker og videoer til/av boreroboten:

<http://e24.no/naeringsliv/her-er-robotene-som-legger-fliser-og-borer-hull/21622507>

<http://www.tu.no/bygg/2013/10/03/her-er-robotene-som-legger-fliser-og-borer-hull>

<https://www.facebook.com/media/set/?set=vb.149723161744789&type=2>

<https://vimeo.com/79197936>

<https://vimeo.com/78353138>

1.2 Definisjon og avgrensning av oppgaven

Vi har utført et forstudium og undersøkt om det er mulig å legge informasjon i en BIM-modell/-objekter, for så å få de eksportert ut til et format som boreroboten kan nyttiggjøre seg.

Vi har kontaktet programvareutviklere/-leverandører for å få innspill fra flere. Vi lagde en prøvemodell med boreinfo som vi eksporterte til forskjellige formater, både åpne og lukkede, og så etter om vi fant igjen informasjonen vi ønsket. Altså, boreinfo til boreroboten. Vi forsøkte hverken å få boreroboten til å importere eller å bore, ut fra informasjonen vi fikk ut fra BIM-modellene. Da roboten ennå ikke er klar for dette i denne fasen og det var heller noe vi skulle se på i denne oppgaven. Posisjonering av boreroboten på byggeplass er ikke en del av besvarelsen, men det er beskrevet noen få muligheter vedrørende dette. Objekter (bygningsdeler) som kan være til hinder for boreroboten på byggeplass er ikke en del av besvarelsen, dette må nLink se på i neste fase av utviklingen til roboten.

Boreinfo i BIM-modellen ble laget i Autodesk Revit©(2014) med tilleggspakken Naviate E (Cad-Q Naviate, 2014), da det er den programvaren som vårt firma benytter. Vårt mål var å få informasjonen ut på et åpent filformat, vi ønsket at plasseringen av borehullene skulle bli så enkel som mulig og med minst mulig behov for ekstraarbeid under normal prosjektering. Boreroboten vil påvirke en god del i byggebransjen m.m., dersom nLink AS klarer å realisere det de prøver å realisere. Med hensyn til

dette, så vi også litt på hvordan boreroboten ville framskynde overgangen til BIM-modellering av bygg og hvordan den forsterket behovet til fremdriftsplanlegging iht. til BIM/Lean. Samt, hvilke økonomiske konsekvenser dette vil ha for boreeffektivitet og hvilke helsemessige fordeler en slik borerobot har. Vi har gått igjennom hvordan boreroboten fungerer i dag og kommet med forslag på momenter som bør tas med i videre utvikling.

1.3 Disposisjon

Vi har delt inn oppgaven logisk. Først går vi innledningsvis igjennom teorien bak prosjektet. Deretter går vi igjennom modelleringsfasen i oppgaven, før vi så diskuterer resultater opp mot teori. Til slutt konkluderer vi med hva vi har funnet ut gjennom utførelsen av oppgaven.

1.4 Metode

Vi har benyttet oss av kvalitativ metode for å ha en åpen og fleksibel tilnærming til oppgaven. Vi har kontaktet programvareutviklere/-leverandører som er kjent med Revit og intervjuet andre relevante aktører. Dette for å få innspill og erfaringer fra bransjen vedrørende mulige løsninger for borerobot, objektinformasjon og boring på byggeplass.

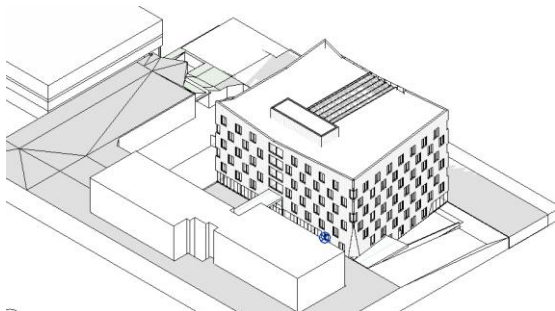
Vi innhentet først informasjon i form av teori og intervjuer, for å få bakgrunnskunnskap om boreroboten og dagens situasjon. Vi benyttet bøker, internettkilder og intervjuer for å få inn de grunnleggende fakta. Ved deltakelse på kurs (objektbygging i Autodesk Revit© (2014) hos Cad-Q (2014)) og kontakt med eksterne bedrifter som nLink AS (firmaet som utvikler boreroboten), Cad-Q AS (programvareutvikler), Glamox AS (belysningsleverandør), hentet vi inn ytterligere kunnskap om temaene.

Alle opprettede filer i forbindelse med denne prosjektoppgaven er vedlagt innleveringen, se vedlegg 02 for liste over filene. Begrenset tilgang pga. opphavsrettigheter, Vintervoll AS kan kontaktes for forespørsel om tilgang.

2. Teori

2.1 BIM

Ordet BIM brukes om to fenomener, det ene er selve BygningsInformasjonsModellen og det andre er prosessen BygningsInformasjonsModellering som tar med seg modellen og prosessen rundt. I denne oppgaven, vil alle referanser til BIM, peke til prosessen. Vi har i dette avsnittet tatt utgangspunkt i “BIM Handbook” (Eastman et al., 2011).

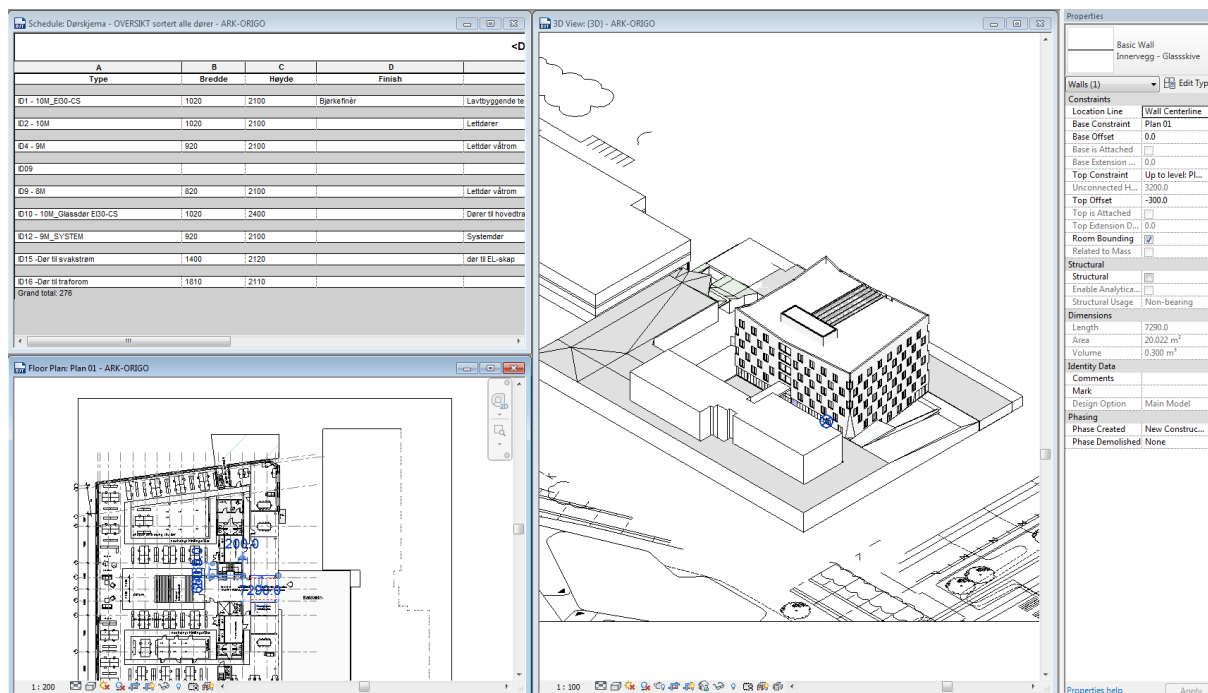


Figur 2.1-1: 3D-modell av Origo

Forskjellen mellom BIM- og 3D-modellering er ganske stor. Selv om byggene ser like ut på papiret. Det hele går ut på når i prosessen man utfører prosjekteringen og detaljeringen av bygget. I 3D-modellering er det vanlig at modellene står klare og oppdateres kontinuerlig fra første spadetak i jorda til siste skruer er skrudd inn i gipsen (Som Bygget). Utgangspunktet for BIM er at hele prosjekteringsfasen flyttes tidligere i byggeprosessen. På denne måten kan man kjøre kollisjonskontroll, hente ut mengder, beregne

kostnader, avklare bygningsmessige løsninger osv., før man har satt en spade i jorda.

Det er selvfølgelig flere skilnader mellom BIM- og 3D-modellering enn som så. BIM-modeller er objektorienterte modeller, med mange objekter med tilhørende parametere (egenskapsfelter) som innehar informasjon om alt mulig. Hvor 3D-modellering er kun 3D data med noen få objekt attributter. I BIM-modeller jobber objektene i synergi med hverandre, flytter man en vegg, følger døren eller vinduet i veggen automatisk etter. Det samme gjelder borehull, flytter du en lysarmatur, flyttes de tilhørende borehullene også.

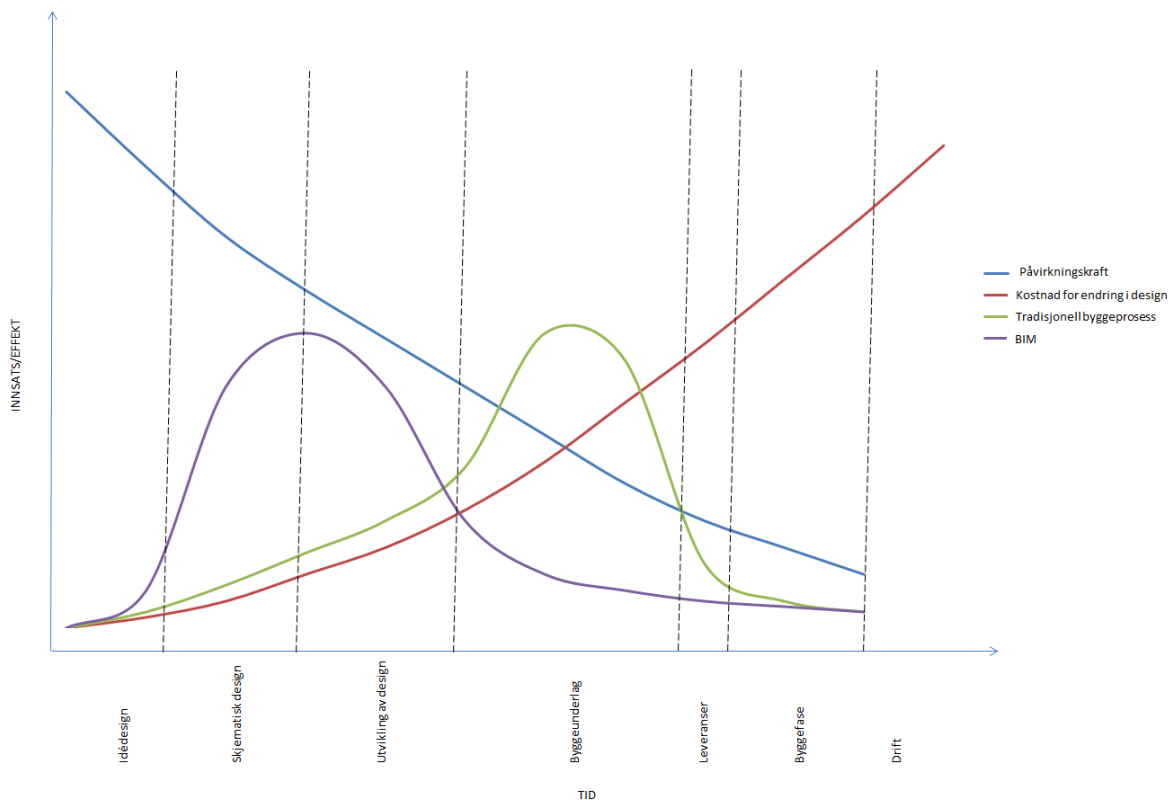


Figur 2.1-2: BIM-modell fra Autodesk Revit© av Origo. Man ser databasen med dørliste, plantegningen, 3D-visningen og egenskapsfeltene.

BIM-modeller endres unisont i hele modellen, men vi kommer oss ikke unna papirmølla til de som skal utføre jobben med å sette opp bygget. I de kraftige BIM-verktøyene vi har i dag, oppdateres endringer automatisk i hele modellen. Slik er det ikke i tradisjonelle 3D-modeller, der må endringer gjort i 3D også endres i 2D-tegningene til de som skal utføre jobben. Dette skjer ikke automatisk og det er da fare for at man ikke får med seg alle endringene eller plasserer endringene feil (menneskelig svikt).

I BIM kan man kjøre energiberegninger, luftutskiftingsberegninger, mengdeberegninger, kostnadsestimater, kjøre bygningskontroller for bygget, kjøre kollisjonskontroller, få fullt overblikk av bygget før det er bygget og mye mer. Det som er positivt med dette er at man kan kjøre dette med det eksakte bygget slik det er planlagt. Man slipper å ta ca. tall og får mer eksakte beregninger.

Grafen i figur 2.1-3 viser prinsippene for påvirkningskraft, kostnad for endring i design, tradisjonell byggeprosess og BIM sett i forhold til innsats/effekt og tid. Den viser at kostnadene er lave ved starten av et prosjekt og at de øker etter hvert som tiden går, den viser også at påvirkningskraften minker etter hvert som tiden går. Den viser hvordan den tradisjonelle byggeprosessen foregår i prinsippet og hvordan BIM foregår. Man ser av grafen at BIM sin store innsats skjer på et tidspunkt hvor man kan påvirke mye, og kostnadene er lavere. Ved en tradisjonell byggeprosess hvor beslutningene blir tatt på et senere tidspunkt har man mindre påvirkningskraft, og endringene koster mer.

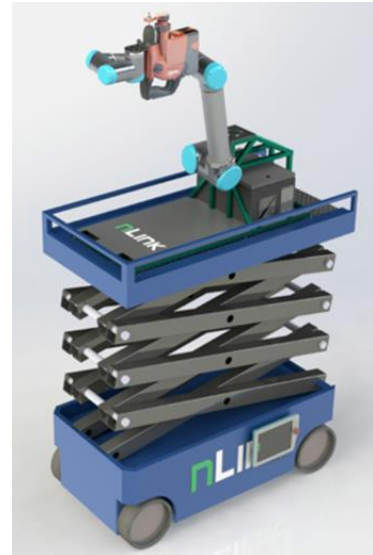


Figur 2.1-3: Graf som viser medgått tid kontra innsats/effekt for påvirkningskraft, kostnad for endring i design, tradisjonell byggeprosess og BIM. Fritt fra BIM Handbook (Eastman et al., 2011).

2.2 Boreroboten og utviklingsprosjektet (nLink AS, 2013)

Boreroboten er et utviklingsprosjekt hvor nLink AS i samarbeid med Vintervoll AS, skal utvikle et mobilt robotbasert system, for automatisert boring i betong (kan brukes på andre materialer også). Utviklingsprosjektet har støtte fra Innovasjon Norge gjennom IFU-ordningen (industriell forskning og utvikling) som krever at et produkt utvikles sammen med en kundebedrift, i dette tilfellet Vintervoll AS.

Slik boreroboten er iht. utviklingsprosjektet, består den av et byggesett av standardkomponenter, med robotarmer og slagbormaskin. Den kan monteres på rullestillas eller lift og har to meters rekkevidde. Som betjeningsenhet har roboten et vanlig nettbrett (iPad©). Før boring begynner, behøver roboten først å kalibreres mot et konkret utgangspunkt. Typisk aksekrysset til en laserprosjektor, som også brukes til å markere borelinjen. Fra dette utgangspunktet borer roboten etter et planlagt hullmønster referert til laserlinjen. Mønsteret kan lages av operatøren eller velges fra en liste av forhåndslagrede mønster på nettbrettet. Roboten borer etter mønsteret så langt den rekker fra sin gjeldende posisjon. Dersom mønsteret strekker seg lenger enn rekkevidden til roboten, vil den gi operatøren melding om at den må flyttes til ny posisjon.



Figur 2.2-1: Boreroboten på lift (nLink AS, 2013)

Det er operatørens oppgave å flytte roboten, og ny posisjon vil f.eks. være to meter videre langs laserlinjen. I ny posisjon vil roboten automatisk gjenoppta boringen ut ifra hvor langt den kom i forrige posisjon. Dette gjentas til hele mønsteret er blitt boret.

I tillegg til robotarmene består systemet av robotens kontrollboks, som inneholder kraftforsyning og robotens styringssystem. Styringssystemet er i korte trekk en tilpasset datamaskin som kontrollerer robotens ledd, strømtrekk, kraftbelastning, etc. Datamaskinen har også mulighet for tilkobling for datautveksling med eksterne systemer via en ethernet-port. Videre er det integrert et 3D-kamerasystem som fungerer som en avansert laserlinjesensor. Kamerasystemet vil kunne se laserlinjen i taket og samtidig måle vinkelen



Figur 2.2-2: Boreroboten (nLink AS, 2013)

mellom taket og roboten. Dette er viktig f.eks. i parkeringskjellere eller andre bygg der gulv og tak ikke er parallelle. Kamerasystemet er tilkoblet en egen liten datamaskin, som også er plassert inne i robotens kontrollboks. Denne datamaskinen gjør bildeanalysen og tar også imot brukerkommandoer fra robotoperatørens nettbrett. Basert på input fra operatøren og billedanalysen er det denne datamaskinen som sender styringskommandoene videre til robotens datamaskin. For å muliggjøre trådløs kommunikasjon er det også satt inn en router som støtter dataoverføring mellom nLinks datamaskin og nettbrettet.

Utviklingen videre vil være som skissert i innledningen.

2.2.1 Mulige bruksområder for borerobot på byggeplass

Mange vil nok si at det er begrenset med bruksområder for en borerobot på en byggeplass, eller at det ikke vil være hensiktsmessig/plass for en robot. Dette kan nok sikkert stemme slik mange av byggeplassene og prosjektene organiseres i dag (lite bruk av "trimma bygging"/Lean). Men ser vi bort fra slike begrensinger, så er det egentlig mye en (bore)robot kan brukes til. **Bore** i parentes, fordi det ikke er noe i veien for at en robotarm kan betjene f.eks. en malingsprøyte! Og da kan man jo se for seg flere bruksområder enn bare boring.

Noen mulige bruksområder:

- Hullboring
- Innsetting av festemateriell
- Flislegging
- Maling/støvbinding
- Montering av oppheng
- Osv.

2.2.2 HMS og effektivisering med bruk av borerobot

Med dagens arbeidsmåter for boring av hull i tak, er det utvilsomt både arbeidskrevende og en utfordring å ivareta HMS-aspektet med tanke på arbeidsstilling og miljø (støy, støv, vibrasjoner o.l.). Dette gjør seg naturlig nok mest gjeldende på større areal/anlegg, men alle som har prøvd å utføre en jobb med armene "over hodet" har sikkert erfart at man raskt blir sliten i både armer og skuldre.

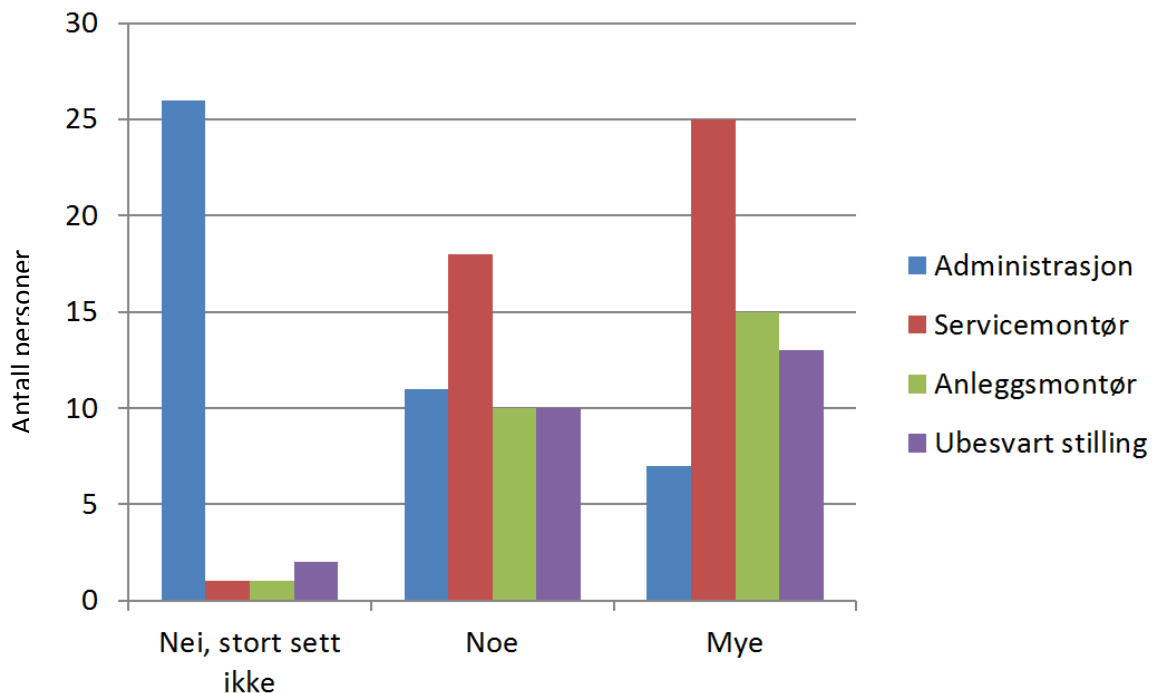
Et eksempel på omfanget av boremengde er gitt av Otto Østerlie, adm. dir. i Vintervoll AS, i et intervju i Elmagasinet 10/2013. Eksempelet er at Vintervoll AS har hatt oppdrag der man har boret 250 000 hull, noe som betyr måneder med belastende arbeidsstillinger (Elmagasinet, 2013). Han nevner også at Vintervoll har jobbet mye med å kartlegge arbeidsstillinger til den enkelte, i samarbeid med lege og fysioterapeut fra bedriftshelsetjenesten. I den sammenheng har vi gjennomført et intervju med Bjørg Asphjell hos Vintervoll AS, økonomisjef, der vi fikk en orientering om bedriftsundersøkelsen som ble gjort i 2009.

I den undersøkelsen ble det gjennomført en kartlegging av arbeidsstillinger (27 stk.) med tilhørende risikovurdering. Av disse ble de fem viktigste satt opp og forslag til tiltak ble foreslått. Grunnlag for prioritering var at; belastningen måtte representere en opplagt farekilde som kunne føre til sykdom/plager, belastningen måtte forekomme hyppig i arbeidet, og at erfaring av å endre adferdsmønster på denne type belastning burde kunne gi beviselig positivt resultat.

De fem arbeidsstillingene var:

1. Arbeid med løftede fremstrakte armer
2. Arbeid med svært vridd rygg
3. Arbeid med svært foroverbøyd rygg
4. Arbeid med bakover bøyd og vridd hode
5. Arbeid på kne, eller sittende på huk

Figur 2.2.2-1 viser svarene på arbeid med løftede fremstrakte armer, der nær 60 % av montørene på service og anlegg svarte at de har mye av slikt arbeid.



Figur 2.2.2-1: Arbeid med løftede fremstrakte armer (Vintervoll AS Bedriftsundersøkelse, 2009)

Foreslåtte tiltak (som ble gjennomført etter undersøkelsen) på punkt 1 var opplæring i arbeidsstilling, rotasjonsordninger med maks tre dager med slik jobb, samt at det bør tas mikropauser med jevne mellomrom. Dette var anbefalinger som ble gjennomført etter undersøkelsen i 2009, og en oppfølging i 2011 viste at de som fulgte anbefalingene fikk en bedre arbeidshverdag.

2.2.3 Forventninger til borerobot

Hos Vintervoll AS er det klare forventninger at en borerobot vil gi en "vinn vinn" gevinst. Der de ansatte får en bedre arbeidssituasjon, kan utføre annet arbeid mens roboten borer, og behovet for tiltak som jobbrotasjon og mikropauser vil bli redusert.

Kostnadsreduksjoner ved at en borerobot kan utføre jobben raskere vil også kunne være betydelig. På Sirkus Shopping, 60 000m², et prosjekt til Vintervoll AS, ble det boret over 100 000 hull i betong og det ble brukt 5000



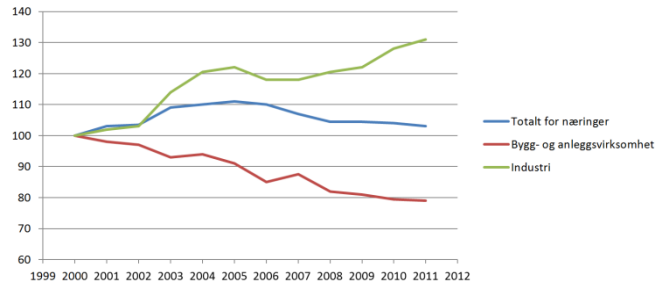
Figur 2.2.3-1: Fire raske påstander om boreroboten (nLink AS, 2013)

timer på disse hullene. Påstanden fra nLink AS er at deres borerobot vil effektivisere dette og være 5-10 ganger mer effektiv enn konvensjonell boring. Gitt erfaringen fra Sirkus Shopping vil det da ta boreroboten 500-1000 timer, hvor det da tok 5000 timer med konvensjonell boring.

2.3 Produktivitet

I Stortingsmelding 28 (St.meld. nr.28 Kommunal- og regionaldepartementet, 2012) fremgår det at det er en fallende tendens av produktiviteten i bygg og anleggsbransjen i forhold til industrien og andre næringer. Dette er det nok flere undersøkelser på, og det er mange forklaringer på hvorfor det er slik. I Stortingsmeldingen er det nevnt noen mulige årsaker:

- Mangel på store teknologiske utviklinger i næringa
- Liten internasjonal konkurranse
- Omfattende offentlige krav og regelverk
- Økt bruk av utenlandske bedrifter og arbeidskraft
- Lite fokus på produktivitet i gode tider
- Mange små bedrifter
- Vanskelig å få til effektivitet i vedlikehold og reparasjonsmarkedet (som utgjør en stor del)
- Forbedret teknologi mest tatt i bruk av større bedrifter, men deltakelse i prosjekt der mindre firma er på "2D" nivå holder igjen utviklinger.
- Offentlige instanser har tradisjonelt krevd «papirtegninger»
- Nye samarbeidspartnere for hvert prosjekt.
- Lite bruk av prefabrikkerte løsninger.
- Tradisjonell byggemåter (lite bruk av "trimma bygging"/LEAN o.l.)



Figur 2.3-1: Graf som viser utviklingen i timesproduktiviteten 2000-2011, 2000=100. Fritt etter Stortingsmelding 28 (Stortingsmelding, 2012).

Her kan man knytte BIM og borerobotteknologi opp mot punktene om teknologiske utviklinger i næringen og byggemetoder. I den sammenheng ser nLink AS og Vintervoll AS for seg at det allerede i første fase (uten bruk av BIM teknologi) vil kunne gi betydelige effektiviseringsgevinster med bruk av borerobot på byggeplass.

I den «stasjonær» industrien så har muligens økningen i produktiviteten nær sammenheng med at disse næringene i større grad har klart å utnytte den teknologiske utviklingen. Dette med bruk av automatiserte prosesser og prefabrikasjon. Sterk fokus på logistikk og LEAN (se eget avsnitt) er stikkord i den sammenheng.

2.3.1 LEAN: Lean Construction, TFV, Trimmet Bygging, Last Planer System etc.

"LEAN" er opprinnelig et begrep engelske forskere tok i bruk når de skulle beskrive tradisjonell masseproduksjon sammenlignet med systemet som Toyota brukte i sin produksjon av biler (Wormack, Jones, & Roos, 1990,2003). LEAN er en prosess-filosofi som går ut på å eliminere sløsing i en produksjonsprosess, for å kunne redusere produksjonstid, ressursbehov og kostnader. Sløsing i denne sammenheng er alt som ikke er nødvendig for å skape verdi for kunden, sluttbruker, samfunn, etc.

Det finnes mange tilnærminger og varianter av filosofien, og som brukes i ulike bransjer og organisasjoner. Her trekker vi frem noen som vi mener er relevante i forbindelse med bruk av borerobot på en byggeplass.

2.3.2 Lean Construction

Ved bruk av Lean Construction filosofi i en byggeprosess søkes det å maksimere verdien for kunden gjennom kontinuerlige prosessforbedringer for å optimalisere flyten i en byggeprosess, samt unngå sløsing av tid (Eastman, 2011). Lean i byggprosjekter er prinsipielt mye av det samme som for Lean-prosesser, men naturlig nok tilpasset og utviklet for å passe i et byggeprosjekt. Dette har gitt grunnlag for nye måter å tenke produksjon og prosess på i byggenæringen. Eksempel på dette er **TFV** (Transformation-Flow-Value) konseptet beskrevet av Finske Lauri Koskela (1992, 2000) og **LPS** (Last Planner System™) som er en styringsteknikk for arbeidsprosesser som amerikaneren Glenn Ballard utviklet (Byggkostprogrammet, 2010) (Eastman, 2011).

2.3.3 TB Trimmet Bygging

Trimmet bygging kan sies å være det norske begrepet for Lean Construction, og bygger på de samme prinsippene som Koskela og Ballard la til grunn i sine beskrivelser av **TFV** og **LPS**. Denne metoden er en måte å bedre planleggingen av byggeprosessen, gjennom involvering av alle parter i byggesaken.

Denne metoden ble benyttet ved utbyggingen ved St. Olavs Hospital, Byggefase 2, og de 7 forutsetningene for trimmet bygging som ble lagt til grunn der var (Byggkostprogrammet, 2010):

1. Foregående arbeid avsluttet før nytt starter.
2. Arbeidsplass er klar og tilgjengelig.
3. Tegninger og informasjon tilgjengelig.
4. Mannskap nok til å utføre arbeidet.
5. Materialer skal være tilgjengelig.
6. Utstyr for å utføre jobben må være på plass (verktøy, stillaser etc.)
7. Ytre forhold (tillatelser, vær osv.)

Som verktøy for å sikre god planlegging / gjennomføring ble styringsteknikkene fra "Last Planner" brukt som hjelpemiddel. I praksis ble det da gjennomført 6-ukersmøte(r), 3-ukersmøte(r), 1-ukersmøte(r) og basismøter. Alle møtene hadde da forhåndsdefinert innhold.

2.3.4 BIM, LEAN og borerobot

BIM Handbook (Eastman, 2011) beskriver synergier mellom BIM og Lean Construction, der bruk av BIM gir positiv effekt for mange Lean prosesser. Det vises der til en studie utført av Sacks et. al. (2010), der hele 18 BIM-«funksjoner» var med og understøttet de 24 Lean prinsippene som var listet opp. Under viser vi kun ett av disse prinsippene, da en dypere gjennomgang kreves gjennomført som en egen prosjektoppgave.

Et av disse Lean prinsippene omhandler det å gjøre det «riktig første gangen». Bruk av BIM gir synergi i den sammenheng, ved reduserte behov for endringer. Dette på grunn av muligheten til å visualisere og evaluere ulike konstruksjonsalternativer mye raskere med en BIM-modell. Samt muligheten til informasjonsutveksling (en kilde/modell), kollisjonskontroll, med mer. Dette gir i neste omgang en positiv effekt i byggeperioden.

Muligheten til visualisering (finne ønsket løsning) og koordinering (kollisjonskontroll) før man bygger er da sentralt med hensyn på bruk av informasjon fra en BIM-modell i en borerobot. Tilpasninger på byggeplass vil da kunne begrenses til et minimum. Bruk av borerobot og BIM vil utfylle hverandre for å optimalisere byggeprosessen med tanke på LEAN.

2.4 Filformater

Formatene som kommer i underkapitlene, er de som vi har sett på med tanke på eksport av boreinformasjon til borerobot.

2.4.1 2D-vektorformater

Filtyper: DXF, DWG, AI, CGM, EMF, IGS, WMF, DGN, PDF, ODF, SVG, SWF (Eastman et al., 2011)

Disse filtypene varier i hvordan de fremstiller linjer, farge, lag og kurver. Noen av dem er filbaserte andre er xml-baserte. (Eastman et al., 2011)

De viktigste ifbm. BIM:

- DWG – dette er kanskje verdens mest kjente filendelse i CAD-verdenen. Dette er Autodesk sitt filnavn, med AutoCAD som det mest kjente. Dette er benyttet både for 2D og 3D AutoCAD. (dwg, 2012)
- PDF – Portable Document Format, et dokumentformat som er rikt på å fange informasjon og kan hente informasjon fra nesten alle programmer på alle datasystemer. (pdf, 2012)

2.4.2 3D-overflateformater

Filtyper: 3DS, WRL, STL, IGS, SAT, DXF, DWG, OBJ, DGN, U3D PDF(3D), PTS, DWF (Eastman et al., 2011).

Disse varierer i om de inneholder overflater eller former, om det er materielle egenskaper med eller ei. Som ved 2D-vektorformatet er noen av de fil-baserte og andre er XML-baserte.

De viktigst ifbm. BIM:

- DWG – se ovenfor
- DWF/DWFX – Design Web Format. Dette er også laget av Autodesk. Designet med hensyn til utveksling av intelligent designdata og et XML-skjema.
- U3D PDF (3D) – Universal 3D Portable Document File. Dette er 3D, varianten av PDF. Den kan vise modeller i tillegg til det som står ovenfor.

DWF og U3D PDF (3D) er gode programmer for visning av modeller og er gode til å viderebringe informasjon.

2.4.3 3D objektutvekslingsformater

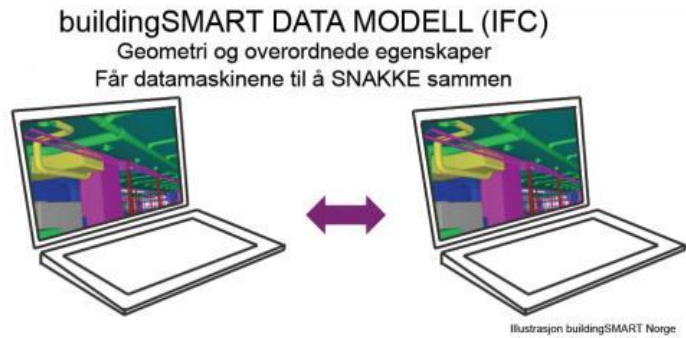
Filtyper: STP, EXP, CIS/2, IFC. (Eastman et al., 2011)

Dette er datamodeller som vises i 2D eller 3D ut fra hvilken geometri de har. De har også med seg objektdata og objekttegnegenskaper, de videreformidler rikelig med informasjon. (Eastman et al., 2011)

De viktigste ifbm. BIM:

- CIS/2 – Dette er en industristandard for stålarbeider, den blir benyttet til design, analysere og fabrikasjon og er mye brukt i Nord-Amerika. (Eastman et al., 2011)

- IFC - Industry Foundation Classes er et filformat som benyttes til å utveksle bl.a. komplekse BIM-modeller. (Eastman et al., 2011) *“IFC format er basert på ISO standarden ISO 16739.”* buildingSMART som har ansvaret for utviklingen av standarden kaller dette filformatet nå for buildingSMART Datamodell. (buildingSMART, 2010)



Figur 2.4.3-1: buildingSMART Datamodell (IFC) (buildingSMART, 2010)

2.4.4 GIS-formater

Filtyper: SHP, SHX, DBF, TIGER, JSON, GML (Eastman et al., 2011)

Geografisk Informasjons System-formater kan enten være i 2D eller 3D. Noen av dem er filbaserte, andre er xml-baserte. (Eastman et al., 2011)

De viktigste ifbm. BIM:

- GML – Geography Markup Language, brukes i samspill med SOSI(Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon)-filer. (gml, 2012) (SOSI, 2012)

2.4.5 XML-formater

Filtyper: AecXML, Obix, AEX, bcXML, AGCxml, OpenGIS, gbXML, ifcXML, BCF, CityGML (Eastman et al., 2011).

Dette er XML-skjemaer som er designet for å utveksle bygningsinformasjon, de forskjellige formatene støtter forskjellig arbeidsflyt.

eXtensible Markup Language er en utvidelse til HTML (Hyper-Text Markup Language), som får til å håndtere flere databaseskjemaer samtidig. Dette er en mye brukt filtype, da den får til å utveksle mye forskjellig data mellom forskjellige applikasjoner. (Eastman et al., 2011) (Merriam-Webster, 2012)

De viktigste ifbm. BIM:

- OpenGIS – For utveksling av geografisk informasjon. Skal harmoniseres mot IFC.
- gbXML – Green Building XML er et energianalyseskjema.
- BCF – BIM Collaboration Format er benyttet til modellsjekking og videreformidling av resultater fra disse.

2.4.6 Tekstfil (TXT)

Filtype: TXT (Lewis, 2006)

Dette er et tekstfilformat som inneholder lite, om noen formatering. Den har bl.a. ikke fet skrift, understreking og heller ikke kursiv. Formatet kan leses av alle program som kan lese tekst og systemterminaler. Formatet er kjent for å være universelt og åpent.

2.5 Posisjonering

2.5.1 Posisjon i BIM-modell

I BIM-programmer (som f.eks. Revit®) har alle objektene en kjent plassering (posisjon) og geometri, programmene er «objektorienterte». Når man starter å modellere en BIM-modell så etableres det et «nullpunkt» i modellen. Dette kan være lokalt ($x, y, z = 0, 0, 0$) eller det kan være koordinater fra kart (GIS). Dette punktet brukes som referansepunkt ved modellering og objektene er orientert i forhold til dette punktet. Disse koordinatene brukes også ved import/eksport. I Revit kan man etablere flere nullpunkter (Site i Revit), men kun ett (site) kan være aktivt om gangen. Derfor er det viktig at korrekt nullpunkt er aktivt, når man importerer/eksporterer.

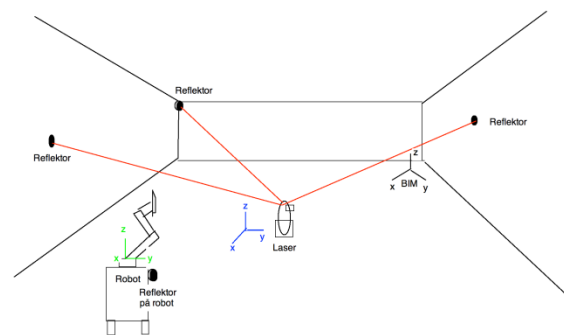
2.5.2 Posisjonering av boreroboten

Posisjonering av boreroboten må, som objektene i BIM-modellen, ta utgangspunkt i et eller annet koordinatsystem (nullpunkt). Det enkleste for bruken av boreroboten vil nok være at hvert rom den skal bore i, har sitt nullpunkt, som den kan posisjonere seg etter. Men den mest trolige løsningen vil være å plassere referansepunkter i rommene og at disse bruker samme koordinatsystem (nullpunkt) som BIM-modellen (bygget).

En måte som nLink (nLink AS, 2013) ser for seg (flere muligheter finnes sikkert), er å bruke en lasertracker eller totalstasjon for å finne posisjonen til roboten i rommet. Denne typen måleverktøy er godt egnet fordi de både er nøyaktige (inntil $\pm 0.01\text{mm}$) og har lang rekkevidde (opptil 100 meter), nøyaktigheten vil variere med avstanden. Lasertrackeren kan plasseres på roboten (med laser-reflektorer satt ut i rommet), eller en plass i rommet slik at den "ser" roboten i hele rommet og at det er to laser-reflektorer (for å vite hvilken retning roboten står i) plassert på roboten (Bråten, 2014). Utformingen av rommet og hvor mange søyler o.l. som er i veien mellom laser og robot vil ha noe å si for hva man velger. For enkelhets skyld så kan man si at rommet er utformet slik at det går an å plassere laseren midt i rommet og at den dekker over hele arbeidsområdet til roboten.

Illustrasjonen viser da et mulig oppsett av laser og reflektorer, med reflektor på boreroboten.

Etter at lasertrackeren er plassert, må posisjonen dens kalibreres opp mot BIM-modellen (bygningen). Den enkleste måten å gjøre på er å ha definerte punkter (3-4) i rommet som er lette å finne posisjonen (koordinatene) til i BIM-modellen. F.eks. kan man bruke de samme objektene som man bruker for borehullpunkter, eller andre punkter som er lette å se både i BIM og i rommet. Laserreflektorer plasseres da på hver av disse referansepunktene og man utfører en innmåling av disse med lasertrackeren. Koordinatsystemet til lasertrackeren vil da være justert inn mot koordinatsystemet til BIMen, og når laseren måler inn roboten (reflektorene på roboten), vil roboten selv kunne regne ut hvor den er posisjonert i BIM-modellens koordinatsystem. Med andre ord hvor den er i rommet (bygget).



Figur 2.5.2-1: Posisjonering av borerobot

En arbeidsprosess vil da kunne forløpe slik:

1. Roboten plasseres i rommet den skal jobbe i.
2. Lasertrackeren plasseres i rommet slik at den dekker robotens arbeidsområde.
3. Referansepunkter (3-4 stk.) i BIM-modellen, som er synlige i rommet, markeres med laserreflektorer og innmåles av laseren.
4. Operatøren henter ut posisjonene til referansepunktene fra BIM-modellen og importerer koordinatene til de samme punktene målt av laseren.
5. Robotsystemet kalkulerer automatisk hvordan koordinatsystemet til laseren er opp mot BIM.
6. Roboten er klar til å starte jobben med boring.
7. Prosedyre gjentas for hver gang laseren flyttes til et nytt arbeidsområde (nye referansepunkter)

Dette er en av de mulige løsningene for dette. Uansett hvilken løsning man kommer frem til, vil nøyaktighet være viktig å ta stilling til, og løsningen må kunne fungere med tanke på at roboten vil bevege seg rundt omkring i rommet/planet. Løsningen man ender opp med, bør inneha et enkelt oppsett, være lett, presist og rimelig.

2.6 Programvaren, programvare- og utstyrsleverandør

2.6.1 Autodesk Revit 2014

Revit® er en programvare som er utviklet av Autodesk (Autodesk Revit, 2013) og er utformet spesifikt for bygningsinformasjonsmodellering (BIM). Programmet dekker funksjoner for arkitektdesign, MEP (VVS og elektro), konstruksjonsteknikk og konstruksjon. Med sine omfattende funksjoner dekker det de fleste behov i et byggeprosjektteam. Programmet er et databasebasert modelleringsprogram og er lisensbasert. Prosjekter laget i Revit har filendingen .rvt.

2.6.1.1 Tilleggspakker/Add-Ins i Revit (Autodesk Revit, 2013)

Autodesk har åpnet for muligheten til å ha tilleggspakker til Revit. Poenget med disse tilleggspakkene er vanligvis å forbedre og forenkle bruken av programmet, samt tilby utvidet funksjonalitet.

2.6.2 Cad-Q AS og Naviate

2.6.2.1 Cad-Q AS

Cad Quality (Cad-Q, 2014) er en leverandør av modell og tegningsbasert IT, og tilbyr programvare, kurs og support til CAD-relaterte systemer innen byggebransjen, industri og samferdsel. De har også egenutviklede tilleggspakker/-program. Et eksempel på dette er Naviate® (se eget avsnitt).

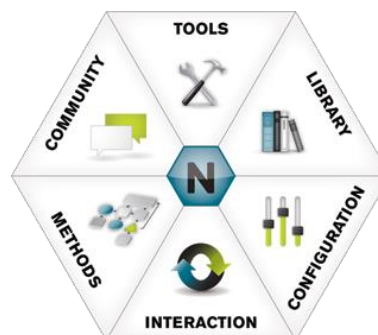
Som sertifisert *Autodesk Gold partner* og *Autodesk Training Center*, tilbyr de komplette Autodesk-løsninger med høy teknisk kompetanse, support, kurs og konsulenttjenester. De er også autorisert utvikler og medlem av ADN (Autodesk Developer Network).

2.6.2.2 Naviate

Naviate® (Cad-Q Naviate, 2014) er en nordisk tilleggspakke utviklet av Cad-Q til forskjellige programvarer som Revit, Inventor, Civil 3D med flere og er basert på ønsker og behov fra Cad-Q sine kunder.

Naviate® består av seks hovedelementer:

- Tools (programmerte funksjoner)
- Library (objektbibliotek)
- Configuration (maler og databaser)
- Interaction (utveksling av informasjon)
- Methods (effektivisering av prosesser)
- Community (brukerforum)



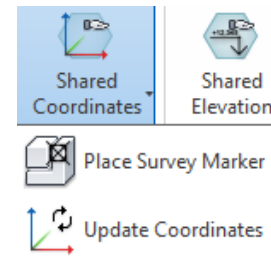
Figur 2.6.2.2-1: Hovedelementene i ©Cad Quality ©Naviate (2014)

Det finnes pakker til ulike fagområder som elektro, arkitekt, ventilasjon og rør, struktur (RIB). Programpakkene installeres i standardprogrammene, f.eks. Revit, som en «add-in» (et tilleggsprogram). Man får da funksjoner som hjelper til med å utnytte Revit® og andre tilleggsfunksjoner som ikke finnes som standard, samt maler og objektbibliotek for fagområde og land (eks. symboler etter Norske standarder).

2.6.2.3 Hjelpen fra Cad-Q

I tillegg til å arrangere et kurs i objektbygging i Revit, har Cad-Q hjulpet til i prosessen ved å vise et objekt de har laget til Revit som de kan hente ut koordinatene til. Dette ble gjort mulig etter at vi tok kontakt med Per Ole Otternes, Business Area Manager Building Design, som var meget positiv og

behjelpelig. Han satte oss i kontakt med Håvard Dagsvik, Senior Consultant Building Design, som bisto oss gjennom prosjektet, viste frem tidligere løsning fra et annet prosjekt og hjalp til med tilpassingen av familien til dette prosjektet. Løsningen var en familie i Revit som Cad-Q har døpt SurveyMarker og tilhører som kategorien Structural Foundations. Denne er innebygd i alle varianter av tilleggspakken Naviate, sammen med en funksjon for å oppdatere koordinatene til denne familien. Da man må oppdatere koordinatene manuelt, vil ikke visningen av koordinatene være dynamisk. Koordinatene kan man få ut i listeform dersom man ønsker det. De kom også med anbefaling for hvordan man kunne eksportere ut koordinatene på enklest mulig måte og i åpent format.



Figur 2.6.2.3-1: Bilde fra Naviate i Revit, som viser Survey Marker-funksjonen.

2.6.3 Glamox AS

Glamox AS er en ledende leverandør av belysning. De har laget objekter, med tilhørende opplysninger, for bruk i Revit® på over 10 000 av sine produkter. Vi ønsket finne ut hvordan de laget objektene og hvordan de kunne se for seg å få inn opplysninger om borehull. Vi hadde et møte med de tidlig i prosjektoppgavefasen.

I et møte med Torgeir Lunde, Project Manager, hos Glamox, fortalte han at de i samarbeid med BAIT AS (BAIT AS, 2014) hadde utviklet en «add-in» for Revit, som genererte objektene ut fra en database med opplysninger om geometri, elektriske data etc. I møtet ble ulike problemstillinger og utfordringer diskutert, og Torgeir anbefalte å løse de enkle tingene først, og ikke grave seg ned i utfordringene man ser (basert på erfaring fra andre utviklingsprosjekt). Han så for seg at det enkleste for Glamox var å legge inn opplysningene man trengte, (til boreroboten) i databasen og generere opp nye objekter. Etter møtet fikk vi oversendt et eksempel på hvordan han så for seg at borehullene kunne defineres (Vedlegg 01).

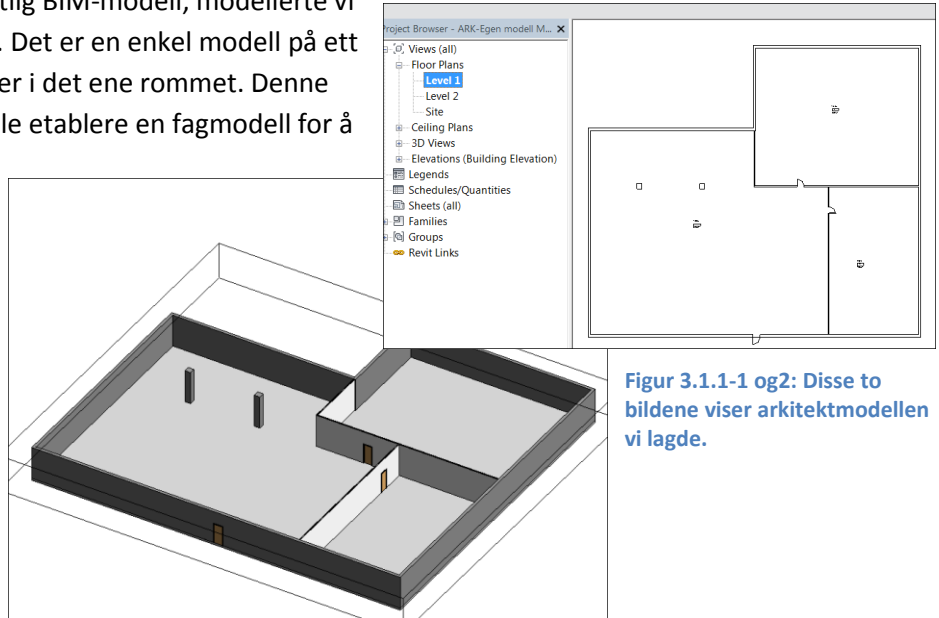
3. Modelleringen

3.1 Selve modelleringen

3.1.1 Egen modell

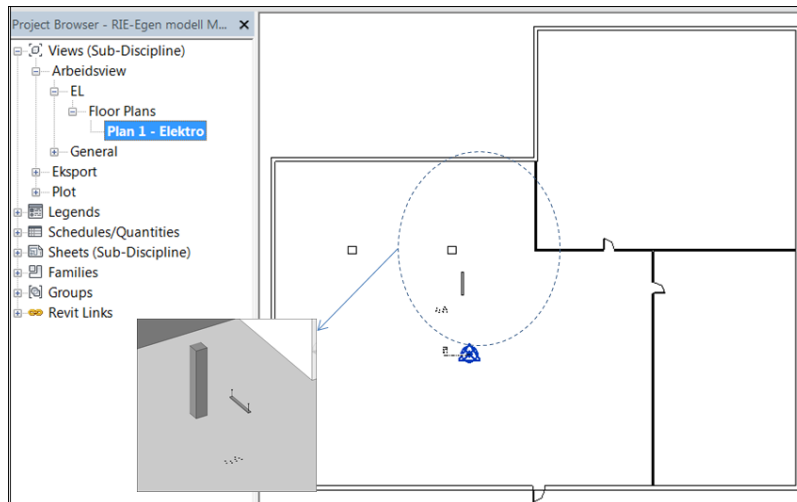
For å ha en enkel og oversiktlig BIM-modell, modellerte vi vår egen ARK-modell i Revit. Det er en enkel modell på ett plan med tre rom og to søyler i det ene rommet. Denne var utgangspunkt når vi skulle etablere en fagmodell for å teste utplassering av borehull i modellen. Samt eksportering av borehullinformasjon.

Filnavn: *ARK-Egen modell Modelleringscase 2001.rvt*



Figur 3.1.1-1 og2: Disse to bildene viser arkitektmodellen vi lagde.

Vi valgte å etablere en RIE-modell(vårt fagfelt), basert på malfil fra Naviate® E, der vi linket inn vår egen ARK modell. Filnavn: *RIE-Egen modell Modelleringscase 2001.rvt*



Figur 3.1.1-3: Bildet viser utplasserte borehull og en lysarmatur med integrerte borehull.

3.1.2 Origo

For å kunne teste på en større BIM-modell, anskaffet vi tillatelse til å benytte oss av en modell av et bygg som er under oppføring i Trondheim. Her er arc arkitekter AS arkitekt og Kjeldsberg Eiendom AS byggherre.

Bygget består av P-kjeller, en etasje med kantine og garderober samt seks etasjer med kontorareal. Samlet ca. 12 000 m². Vi ønsket å benytte bygget til å utføre en test med utplassering og eksport av borehull i en større modell og med borehull i flere rom og etasjer.

Filnavn: *ARK-Origo (inkl. Himling)*
Modelleringscase BIM2001.rvt



Figur 3.1.2-1: Origo. Kjeldsberg Eiendom og arc arkitekter.

Vi valgte å etablere tre RI(x)-modeller (en for hvert fagfelt, himling er i arkitektmodellen), basert på malfil fra Naviate® E, der vi linket inn Origo ARK modell.

Filnavn på modellene ble som følger:

RIE-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt (Elektro)

RIV-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt (Ventilasjon)

RIR-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt (Rør og sprinkler)

3.1.3 Familier i Revit

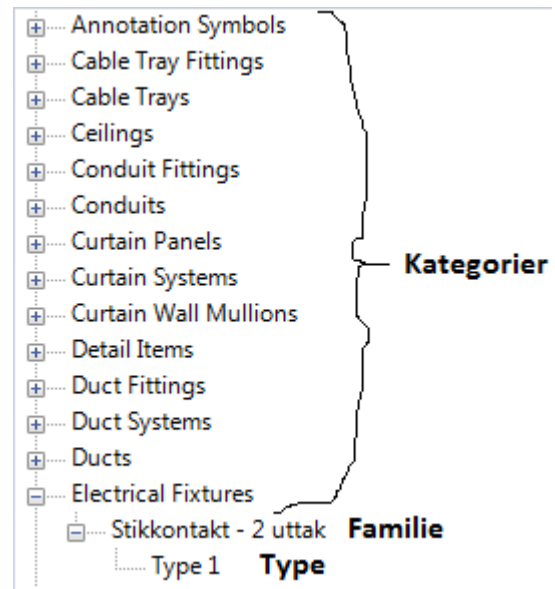
Revit (Autodesk Revit, 2013) har en egen «Family Editor», hvor man kan redigere og skape nye elementer for modellering i Revit. Familier har filendelsen .rfa. Alle elementer i Revit tilhører en familie og de har sin plass i et overordnet hierarki. På toppen i hierarkiet finner man kategorier, og disse kan ikke endres på, de er fastlåste. Eksempler på disse kategoriene er vegger, dører, kabelbroer, lysarmaturer, ventilasjonskanaler osv. Tekst, merkinger, målsettinger osv. er også kategorier. Elementene finnes i alle slags forskjellige former, størrelser og egenskaper.

Familie er underordnet kategorier og alle elementer i Revit hører til en familie. Det finnes system- og objektfamilier. En familie kan ses på som en samling av objekter som deler generelt utseende og egenskaper. Det er kun objektfamiliene som kan bli endret/skapt av bruker, systemfamiliene er innbygde i Revit og er låste for endringer fra bruker.

Type er underordnet familier og kan ses på som en samling av variable egenskaper som er forhånds lagret til spesifikke verdier og satt i system med navnsetting for enkelt å kunne gjenbrukes. En type er en enkel måte å endre flere egenskaper i en familie med en gang.

Hvordan hvert objekt oppfører seg er satt i Revit ut fra valgt kategori, og kan ikke endres på. De objektspesifikke egenskapsfeltene til hver type kan enten settes til å være for typen objekt (Type i Revit) eller for det spesifikke objektet (Instance i Revit). Det vil si at dersom man har et egenskapsfelt som er for en type objekt og endrer det for objektet, vil alle objektene av samme typen bli endret tilsvarende (dersom objektet er endret i «Family Editor» så må man oppdatere parameterne/egenskapsfeltene). Dersom man har et egenskapsfelt som kun er for det spesifikke objektet (instance), så vil man kun endre egenskapene for det objektet man endrer. Alle parameterne i en familie vises for hver type i den familien, men kan ha forskjellige verdier i de forskjellige typene.

Man kan også plassere en familie i en annen, såkalt nøsting. På den måten kan man bygge opp en familie av flere deler. Dersom man ønsker, kan man lage separate familier og deretter plassere disse inn i en familie for å få frem den visningen og de egenskapene man ønsker av/i familien.



Figur 3.1.3-1: Bilde fra Revit av noen av kategoriene, med spesifikk visning av familie og type for en dobbelt stikkontakt.

3.1.4 Hvilken informasjon behøver boreroboten om hullene?

Etter dialog med både Vintervoll AS ved Jan Kjølmo og nLink AS ved Håvard Halvorsen ble vi enige om at følgende informasjon var nødvendig/nyttig å få fra BIM-modellen til boreroboten.

- Posisjon på hullet i x-, y-, z-retning. (Viktig med enighet om korrekt nullpunkt!) Fås direkte fra familien og programsnutten «Shared Coordinates» i Revit laget av Cad-Q.
- Hulldybde (i mm)
- Hulldiameter (i mm)
- Markeringsfarge (for å merke hullene etter boring) (Tekst med fagnavnet)
- Vinkel på hullet i x- og y- akse, 90-grader er rett opp (i grader)
- Nøyaktighetskrav/Toleranse i x- og y-retning (i mm)
- Hva skal monteres i hullet etter boring? (Tekst)
- Skal dette hullet bores? (Dette er veldig vesentlig for hull som er bygd inn i objekter) (Ja/Nei)
- Status utført? (For å kunne merke dette i roboten og vise på iPad-en til operatøren) (Ja/Nei)

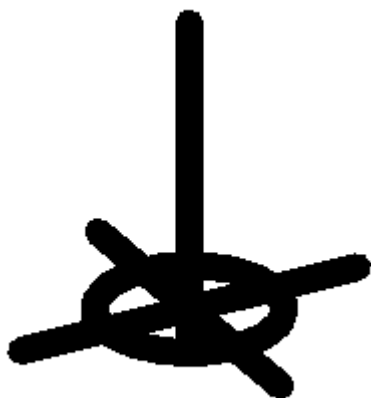
3.1.5 Lage objektet Borehull/SurveyMarker

Med utgangspunkt i Cad-Q Naviate sin opprinnelige versjon av SurveyMarker som hører til kategorien Structural Foundations, lagde vi en familie vi valgte å kalle Borehull. Denne viste seg å bli for enkel og man fikk ikke med seg at man nøstet Borehull inn i andre familier (objekt i objektet), selv om selve objektet kom med i utlistingen av hullene. Den funket dog veldig bra på frittstående hull.

For å få til å bruke familien i andre objekter (f.eks. plassere hullene i belyningsaramturer) prøvde vi først å benytte en tilpasset versjon av familien SurveyMarker som Cad-Q hadde modifisert for en kunde tidligere, men den ble ikke med i eksport til IFC. Derfor ble en egenmodifisert versjon av Cad-Q Naviate sin opprinnelige familie SurveyMarker, den familien vi valgte å benytte videre. Det er viktig at navnet på familien er SurveyMarker, dette for å se hvilken familie hullene evt. er nøstet inn i (vises i parameterne CQParentFamilyAndType og CQParentFamilyMark).



Figur 3.1.5-1: Familien/Objektet Borehull i 2D-visning



Figur 3.1.5-2: Borehull/SurveyMarker i 3D-visning

Første steg var å legge til listen med boreinfo ovenfor, som parametere, i vår egenmodifiserte versjon av SurveyMarker-familien. Vi lagde en norsk og en engelsk variant, begge måtte hete SurveyMarker. Det er derfor viktig at kun en av de er lastet inn i et Revit-prosjekt om gangen. Vi valgte å lage flere typer innenfor familien, for å vise bredden av muligheter med den (at det var mulig å benytte for flere fag). Typene vi valgte å lage var følgende: -Referansepunkt-, Generisk, Elektro 5,5mm, Elektro 8mm, Elektro 10mm, Himling, Rør, Sprinkler og Ventilasjon. Verdiene som er satt inn for hver av typene er hentet for standard plugg, ekspansjonsbolter, m.m., innhentet fra produktkatalogen på nettsiden til Schneider Electric Norge (2014). Disse er kun for visning og er brukt som eksempelverdier (mulig de ulike fagarbeiderne og –feltene benytter helt andre verdier). Neste side viser to tabeller som viser familiene, typene, parameterne og standardverdiene. Figur 3.1.5-3 for den norske og figur 3.1.5-4 for den engelske familien.

Figur 3.1.5-3: Tabell for den norske familien med standardverdier, merk at posisjon først blir fylt inn etter at man har lastet inn objektet og kjørt programsnutten for innhenting av koordinatene i Revit/Naviate i et Revit-prosjekt.

Familie									
SuveryMarker/Borehull									
Parameter	Type								
	-Referansepunkt-	Generisk	Elektro 5,5mm	Elektro 8mm	Elektro 10mm	Himling	Rør	Sprinkler	Ventilasjon
CQPositionX									
CQPositionY									
CQPositionZ									
CQParentFamilyAndType									
CQParentFamilyMark									
Hulldybde	0	42	42	93	102	47	47	47	102
Hulldiameter	0	5,5	5,5	8	10	8	10	8	10
Markeringsfarge		Generisk	Elektro	Elektro	Elektro	Himling	Rør	Sprinkler	Ventilasjon
Vinkel X	0	90	90	90	90	90	90	90	90
Vinkel Y	0	90	90	90	90	90	90	90	90
Toleranse X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toleranse Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monteres i hullet		(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)	(Hva skal inn i hullet?)
Bor hull	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Status utført	No	No	No	No	No	No	No	No	No

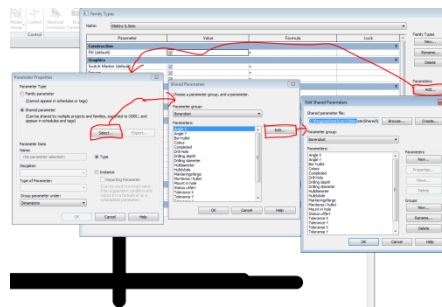
Figur 3.1.5-4: Tabell for den engelske familien med standardverdier, merk at posisjon først blir fylt inn etter at man har lastet inn objektet og kjørt programsnutten for innhenting av koordinatene i Revit/Naviate i et Revit-prosjekt.

Familie									
SurveyMarker/Drilling Hole									
Parameter	Type								
	-Referencepoint-	Generic	Electro 5,5mm	Electro 8mm	Electro 10mm	Ceiling	Plumbing	Sprinkler	Ventilation
CQPositionX									
CQPositionY									
CQPositionZ									
CQParentFamilyAndType									
CQParentFamilyMark									
Drilling depth	0	42	42	93	102	47	47	47	102
Drilling diameter	0	5,5	5,5	8	10	8	10	8	10
Colour		Generic	Electro	Electro	Electro	Ceiling	Plumbing	Sprinkling	Ventilation
Angle X	0	90	90	90	90	90	90	90	90
Angle Y	0	90	90	90	90	90	90	90	90
Tolerance X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tolerance Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mount in hole		(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)	(What is going to be inserted into the hole?)
Drill hole	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Completed	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Som man ser av tabellene så kommer posisjonsparameteret for X, Y, Z på formen CQPositionX, Y, Z, dette er et navn skapt av Cad-Q og som oppdateres gjennom programsnutten «Shared Coordinates» de har laget til Revit. Siden Cad-Q finnes i flere land i verden, har de valgt å benytte engelsk ved navnsetting av tilleggene sine. Parameterne CQParentFamilyAndType og CQParentFamilyMark viser hvilken familie Borehull/SurveyMarker er nøstet inn i og er til god nytte for de prosjekterende ved å vise hvor man finner igjen hullene, disse oppdateres automatisk sammen med posisjonen når man kjører «Update Coordinates»-kommandoen (under «Naviate Shared Coordinates»). Vedlegg 02 viser til en instruksjonsvideo (SurveyMarker Modifisering.m4v) vi lagde, som viser prinsippene for hvordan vi modifiserte dette objektet.

3.1.5.1 Lage parameterne

For å få til å etablere disse parameterne måtte vi først etablere en egen «delte parameter»-fil, denne valgte vi å kalle Borehull-delte parametre.txt. Den lages/endres inne i Revit Family Editor, under «Family Types» eller via «Manage» og «Shared Parameters» i Revit. Deretter opprettet vi parameterne. Vi måtte lage hver enkelt av parameterne, som er listet i tabellen over, bortsett fra CQ-parameterne når vi skulle modifisere SurveyMarker. Når vi utførte dette måtte vi gjøre en del valg som påvirket hvordan parameterne oppførte



Figur 3.1.5.1-1: Veien til Borehull-delte parametre-filen i Revit Family Editor.

seg. Vi måtte sette om hver enkelt parameter kun skulle tilhøre familien eller om det skulle være delt. Om det skulle være for alle av den typen eller for hvert enkelt objekt/instance. Navn (som vist ovenfor), fagfelt, hvilken type parameter (tekst, verdi, ja/nei, osv.) og hvilken gruppe det skulle grupperes under. Tabellen i figur 3.1.5.1-2 viser hvilke valg som ble gjort for hver enkelt parameter under opprettelsen av de.

Figur 3.1.5.1-2: Tabellen over parametervalgene i den norske og engelske familien SurveyMarker

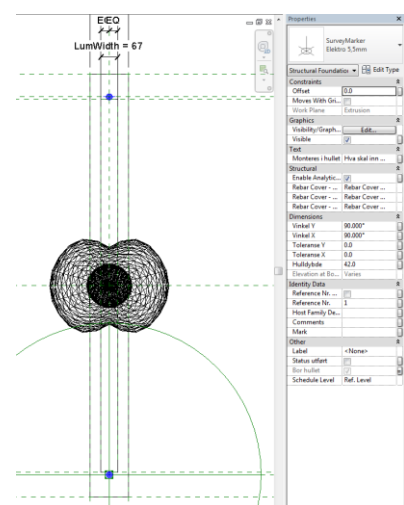
Parameter (Engelsk navn i parentes)	Kun familien/delt (Family/Shared)	Type/hvert enkelt objekt Type/Instance	Fagfelt (Discipline)	Type parameter (Type of parameter)	Grupperes under (Group parameter under)
Hulldybde (Drilling depth)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Lengde (Length)	Mål (Dimensions)
Hulldiameter (Drilling diameter)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Lengde (Length)	Mål (Dimensions)
Markeringsfarge (Colour)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Tekst (Text)	Tekst (Text)
Vinkel X (Angle X)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Vinkel (Angle)	Mål (Dimensions)
Vinkel Y (Angle Y)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Vinkel (Angle)	Mål (Dimensions)
Toleranse X (Tolerance X)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Lengde (Length)	Mål (Dimensions)
Toleranse Y (Tolerance Y)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Lengde (Length)	Mål (Dimensions)
Monteres i hullet (Mount in hole)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Tekst (Text)	Tekst (Text)
Bor hull (Drill Hole)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Ja/Nei (Yes/No)	Annet (Other)
Status utført (Completed)	Delt (Shared)	Hvert objekt (Instance)	Felles (Common)	Ja/Nei (Yes/No)	Annet (Other)

3.1.5.2 Nøsting av objektet borehull

For å få familien borehull inn i andre familier, f.eks. en belyningsarmatur, kreves det at man laster den inn i belyningsarmaturens familie. Dette kalles nøsting på programmeringsspråket. Nøsting av familier i Revit er at man har en familie inne i en annen familie, i Revit kalles det nsted (amerikanere som lager programmet). Det fungerer på den måten, at dersom man har en belyningsarmatur som man nøster inn familien Borehull/SurveyMarker i, så får man deretter muligheten til å plassere ut så mange borehull man vil i armaturen. Plasserer man for eksempel ut to borehull i armaturen, og man har plassert ut 50 stk. av denne familien (belyningsarmaturen) i modellen, da vil man når man har nøstet inn borehullene automatisk ha plassert ut 100 borehull (når man laster inn den oppdaterte belyningsarmaturen i prosjektfilen).

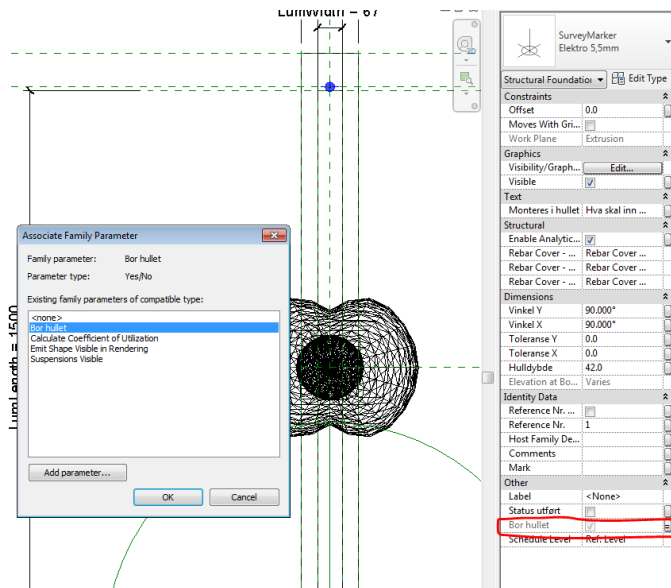
Denne funksjonen ser vi stor nytte av i vårt øyemed. Muligheten til å få alle hullene man behøver i en modell direkte ved at man har prosjektert modellen helt som vanlig. Dette krever kun at objektene man har plassert ut i modellen, har/får borehullene sine nøstet inn i seg. På denne måten får man prosjektert modellen og alle borehullene samtidig. Borehullene kan være nøstet inn fra produsent (eller man kan nøste inn de selv). Dette er et område som man kan få enorm gevinst av synergien med borerobot og BIM.

Får man hullene automatisk uten at man behøver å gjøre noe mer enn vanlig prosjektering, så vil man få en enorm tidsbesparelse i form av hulltakingen med boreroboten. I denne delen ligger det store muligheter og utfordringer, og det vil kreve nært samarbeid mellom programvareutviklere for BIM-verktøyene/-tilleggspakker og de prosjekterende for byggfagene. Dette for å gjøre integreringen av borehull inn i prosjekteringen og objektene man benytter så strømlinjeformet som mulig. Vi har i denne prosjektoppgaven kun valgt å se på hvordan man kan integrere vår familie Borehull/SurveyMarker inn i en belyningsarmatur. Dette for å vise mulighetene ved en slik integrering.



Figur 3.1.5.2-1: Bilde av to Borehull nøstet inn i en belyningsarmatur.

Vårt første forsøk med nøsting av første variant av familien Borehull førte til at vi fikk frem verdiene for posisjonen av hullene, men vi klarte ikke å få til å utføre valget for om hullet skulle bores eller ikke for hver enkelt armatur. Vi fikk det kun til for alle armaturene i den samme familien. Samt at vi ikke fikk hullene opp som nøstet og da fikk vi heller ikke vite hvilken familie de var nøstet inn i. Vi fant ut at det var viktig at familien måtte hete SurveyMarker, ved å benytte det navnet fikk vi opp hullene som nøstet når de var det, og vi fikk også vite hvilken familie de var nøstet inn i. Etter en del utforskning fra vår side og kjapp hjelp fra Cad-Q. Fikk vi også til å utføre valget om hullet skulle bores eller ikke også, for hver enkelt armatur.

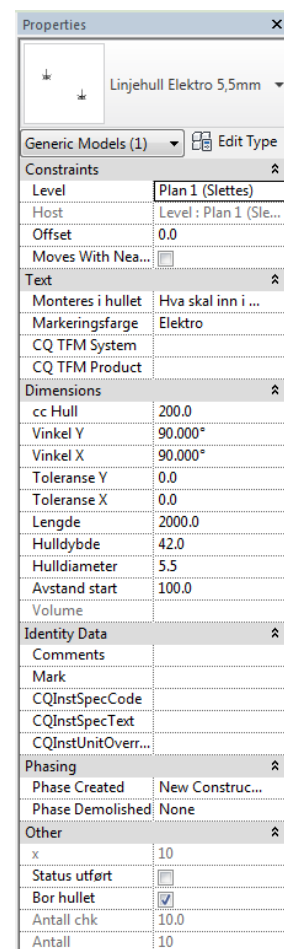


Figur 3.1.5.2-2: Dialogen for å få armaturfamilien til å styre Bor hullet parameteret til SurveyMarker/Borehull.

For å få til valget om hullene i armaturen skal bores eller ikke, krever at man, lager et delt parameter i armaturfamilien som er det samme parameteret som «Bor hullet»-parameteret. Det er viktig at det er et «instance»-parameter. Etter man har gjort dette, velger man de SurveyMarker/Borehullene man har lastet inn i armaturfamilien og klikker på den lille grå boksen på høyresiden av parameteret Bor hullet og velger så Bor hullet i neste dialogboksen (se bilde ovenfor). Man får et (=)-tegn i den grå boksen og «Bor Hullet»-parameteret vil bli grått ut. Da vil «Bor hullet»-parameteret i den enkelte armaturen styre SurveyMarkeren sitt parameter «Bor hullet». Dette er veldig nyttig dersom man har plassert ut 20 armaturer med innøstede borehull og kun skal bore 18 av de. Da er det greit å kunne enkelt velge at to av disse ikke skal bores ved å fjerne avkrysningen på «Bor hullet» for de. For å få frem hvilken etasje objektet som hullene nøstes inn i er i, må det vise egenskapsfeltet «Level». Dersom det ikke gjør det får man ikke frem hvilken etasje borehullene er i, noe som er viktig da boreroboten kun borer en etasje om gangen. Vedlegg 02 viser til en instruksjonsvideo (Nøste Borehull.m4v) vi lagde, som viser prinsippene for hvordan man utfører nøstingen.

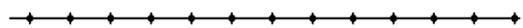
3.1.5.3 Objektet Linjehull

For enkelt å kunne tegne ut en linje med borehull i Revit, lagde vi en/et familie/objekt som vi kalte «Linjehull (fagdisiplin med hullbredde)» og den engelske varianten døpte vi «Hole Line (fagdisiplin med hullbredde)». En Linjehull-familie for hver av typene vi lagde i SurveyMarker (bortsett fra -Referansepunkt-, som vi så hensiktsmessig kun å plassere ut frittstående). Disse familiene tildelte vi til kategorien Generic Models. Vi lagde ikke flere typer av disse, da vi ikke klarte å få god nok kontroll over SurveyMarker-egenskapene ved å ha flere typer. Linjehull fungerer på den enkle måten at



Figur 3.1.5.3-1: Egenskapsfeltene til objektet Linjehull

man velger f.eks. at man skal tegne en linje med borehull mellom to belysningsarmaturer for å få boret til festene av kabel mellom disse. Disse hullene skal være 5,5mm brede og 42mm dype. Vi velger da å tegne linje med Linjehull Elektro 5,5mm. Deretter plasserte vi ut objektet og dro i enden av det for å endre lengden på det (kan også endres vha. Lengde-parameteret). Valgte å dra linjen mellom armaturene, den ble 2m. Ved å forandre på parameterne for avstand fra start til første hull og deretter avstand mellom hullene (cc Hull), får man ønsket distanse mellom hullene og resulterende antall hull (SurveyMarker) automatisk plassert ut med en linje som synliggjør kablingen. Dette kunne lik så gjerne vært for oppheng av ventilasjon-, sprinkler-, rørleggerrør, osv. En veldig fleksibel familie. Alle egenskapsfeltene til SurveyMarker/borehullene er kontrollerbare igjennom familiens egenskapsfelt. Ergo kan man ha full kontroll over hvor dypt, bredt, osv. man skal bore. Familien er basert på en Generic Model, noe som medfører at vi får opp etasje i utlistingen av hullene til dette objektet. Første lagde vi objektet i Line Based Generic Model (man kan tegne den ut som ren linje), men da fikk man ikke ut hvilken etasje



Figur 3.1.5.3-2: Objektet Linjehull i 2D med 13 borehull

borehullene var plassert i. Dette ville gjort det vanskelig å holde kontroll på hvilke hull som tilhørte hvilket plan, spesielt med tanke på at boreroboten kun borer en etasje/et rom om gangen. Derfor valgte vi å lage den basert på Generic Model i stedet. Vedlegg 02 viser til en instruksjonsvideo (Lage Linjehull.m4v) vi lagde, som viser prinsippene for hvordan vi lagde dette objektet.

3.1.5.4 Utlisting av hullene i tabellen Borehull

Resultatene av alle disse parameterne til hvert av hullene kan fort bli uoversiktlig og vanskelig å håndtere. Siden Revit er databasebasert så kunne vi få ut alle disse i tabellform, og med litt tilpassing ble de ganske enkle å håndtere. Det krevde at vi hadde gjort noen innstillinger i parameterne til Borehull på forhånd og den viktigste av disse var at vi hadde valgt at parameterne skulle være delte (for å kunne få de ut i listeform). Samt noen justeringer for nøstede Borehull, som forklart over.

Med dette i tankene og etter godt grunnlag fra Cad-Q, etablerte vi en tabell som vi døpte til Borehull. I denne fikk vi opp alle parameterne vi ønsket og kunne justere de. Hvis man lurte på hvor hullet til hver enkelt parameter var plassert i modellen, finnes det en knapp («Highlight in Model») i Revit som leder deg til det hullet du har spurt etter. Man så også om de var nøstet inn i en familie eller ikke. Vi har tilpasset/laget SurveyMarker-familie og Linjehull-familie slik at vi skal kunne forandre egenskapene til hvert enkelt hull i plantegningen (og helst ikke i tabellen), dette føler vi gir best arbeidsflyt og kontroll.

Figur 3.1.2.4-1: Eksempel på borehull/SurveyMarkere i prosjektet Egen modell, listet ut i tabellen Borehull.

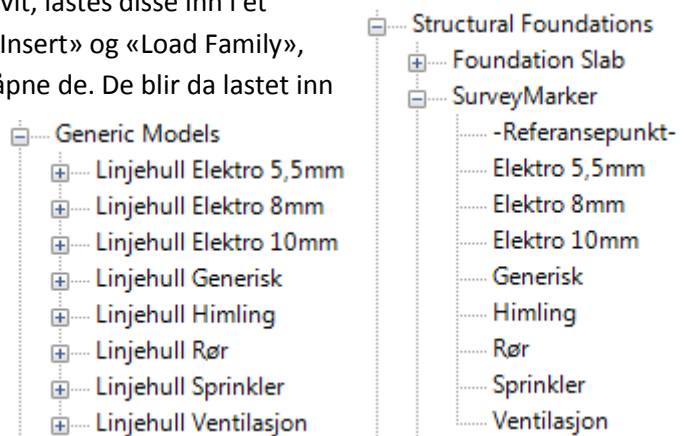
<Borehull>																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Level	COParentFamilyAndType	COParentFamilyIark	Type	COCoordinatesX	COCoordinatesY	COCoordinatesZ	Hulldiameter	Hulldybde	Toleranse X	Toleranse Y	Vinkel X	Vinkel Y	Markeringsfarge	Monteres i hullet	Bor hullet	Status utført
Level 1			-Referansepunkt-	-1888	4198	1000	0,0	0	0	0	0,00°	0,00°				
Level 1			Elektro 5,5mm	-1892	4063	0	5,5	42	0	0	90,00°	90,00°	Elektro	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Elektro 8mm	-1853	3795	0	8,0	93	0	0	90,00°	90,00°	Elektro	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Elektro 10mm	-1443	3795	0	10,0	102	0	0	90,00°	90,00°	Elektro	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Generisk	-2103	3657	0	5,5	42	0	0	90,00°	90,00°	Skriv inn faggt	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Himling	-2421	4171	0	8,0	47	0	0	90,00°	90,00°	Himling	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Rør	-1608	4270	0	10,0	47	0	0	90,00°	90,00°	Rør	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Sprinkler	-2521	3741	0	8,0	47	0	0	90,00°	90,00°	Sprinkler	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1			Ventilasjon	-2195	4382	0	10,0	102	0	0	90,00°	90,00°	Ventilasjon	Hva skal inn hullet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level 1	Glamox C10-P1 : C10-	49	Elektro 5,5mm	-541	4619	2000	5,5	42	0	0	90,00°	90,00°	Elektro	Hva skal inn hullet?	Yes	No
Level 1	Glamox C10-P1 : C10-	49	Elektro 5,5mm	-541	6139	2000	5,5	42	0	0	90,00°	90,00°	Elektro	Hva skal inn hullet?	Yes	No

Som man ser i tabellen til figur 3.1.2.4-1, viser borehullene all informasjonen i egenskapsfeltene som boreroboten behøver. Det er også mulig å legge til flere dersom det viser seg nødvendig senere. Vedlegg 02 viser til en instruksjonsvideo (Tabellen Borehull.m4v) vi lagde, som viser prinsippene for hvordan vi oppdaterer posisjonene til borehullene og hvordan vi setter opp tabellen.

3.1.6 Import og prosjektering med objektene Borehull/SurveyMarker og Linjehull

3.1.6.1 Import av objektene

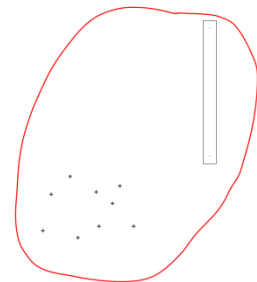
Da alle objektene vi har laget er familier i Revit, lastes disse inn i et Revit-prosjekt på normal måte ved å velge «Insert» og «Load Family», bla seg frem til .rfa-filene på harddisken og åpne de. De blir da lastet inn under sine respektive kategorier, Linjehullene under «Generic Models» og SurveyMarker under «Structural Foundations». Man finner de under «Families» i «Project Browser». Bildene viser Linjehull og SurveyMarker. Linjehull viser ikke sine typer, da det er kun en type per familie. Mens SurveyMarker viser familien med sine ni typer. For å plassere ut disse, er det bare å dra typen man vil benytte over i plantegningen og justere som man selv vil. Alt arbeid med utplassering av hull og bearbeiding av disse foregikk på plantegning-nivå.



Figur 3.1.6.1-1 og -2: Bildene over viser objektene/familiene Linjehull og SurveyMarker lastet inn i sine kategorier.

3.1.6.2 Plassering av borehull i Egen modell

I denne modellen har vi bare plassert ut borehull, en fra hver type av familien SurveyMarker, som en test. Det er viktig at man passer på at ikke egenskapsfeltene husker forrige SurveyMarker sine egenskaper når man begynner å plassere de ut. Vi har også nøstet inn to borehull av typen Elektro 5,5mm i en belysningsarmatur som test. Både hull og armatur er plassert ut helt vilkårlig. Denne modellen brukte vi som testmodell for visning av borehull, optimalisering av tabellen Borehull og test av de ulike eksportene vi anså som vesentlige fra Revit.

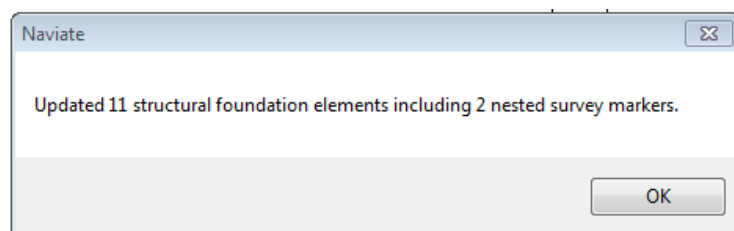


Figur 3.1.6.2-1: Borehullene i Egen modell

3.1.6.3 Oppdatere plasseringen av borehullene

Når vi har plassert ut alle borehull både i form av Linjehull, SurveyMarker og nøstet SurveyMarker er neste steg å oppdatere koordinatene til disse. Til dette benytter vi som tidligere nevnt funksjonen Update Coordinates, laget av Cad-Q, som ligger i Naviate-tilleggspakken til Revit.

Det er viktig at man ikke har merket noe objekt når man kjører denne oppdateringa, for den oppdaterer kun det man har merket og dersom man ikke har merket noe som helst, oppdaterer den plasseringen til alle hullene. Dersom noen av hullene i tabellen er feil plassert eller trenger en justering, så justerer man dette, og kjører oppdatering av plassering på nytt igjen. Dette er ikke en dynamisk prosess hvor en endring i modellen forandrer posisjonen,



Figur 3.1.6.3-1: Beskjeden «Update Coordinates» gir når den har oppdatert alle borehullene i Egen modell (dvs. alle objekter i familien «Structural Foundations» den har funnet i modellen). Den viser også hvor mange av hullene som er nøstet inn i andre objekter.

man må gjøre det manuelt. Mulig det er slik det må være inntil Autodesk implementerer muligheten til en dynamisk posisjonsvisning av borehull i Revit, for det er først da funksjonen vil være helt i henhold til BIM.

3.1.6.4 Klargjøre for eksport

Etter at man har oppdatert posisjonen til borehullene, gjenstår det kun og visuelt kontrollere plantegningene og tabellen Borehull, for å kontrollere at alt er ok og klart til eksport. Man bør se etter om det er noen avvik i parametere og være sikker på at all hull som skal bores er merket for dette, og vice versa. Hullene skal da være klar for eksport.

3.1.6.5 Koordinering og kollisjonskontroll

Når hullene fra alle fagfelt for en etasje er klare, bør det kjøres en koordineringsrunde med kollisjonskontroll. Det er viktig at man allerede i starten av prosjektet enes om felles nullpunkt. Det bør/kan også koordineres om evt. felles opphengsystemer. Dette for å sikre at alle har samme nullpunkt og at det ikke blir noen bygningsmessige kollisjoner, hverken av objekter eller borehull. Dette bør gjøres av en BIM-koordinator, for hver etasje, etter hvert som de blir klare.

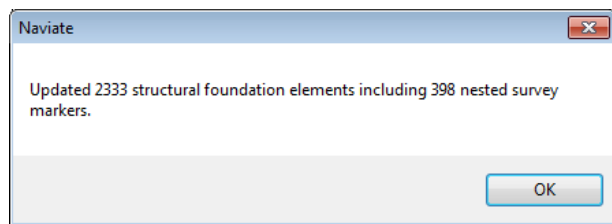
3.1.7 Prosjektering av borehull i Origo

Her så vi nærmere på det å prosjektere borehull i en reell modell med flere fag. Vi lagde en teoretisk prosjektering for følgende fag; arkitekt (himling), sprinkler, rør, elektro og ventilasjon. Vi prosjekterte ut hvert av fagenes objekter og prosjekterte deretter inn borehullene. Dette var kun som en test, så evt. feil, mangler, krav avvik, m.m. ved prosjekteringen står vi ikke ansvarlige for. Borehullene er plassert etter skjønn og avvik fra reelle plasseringskrav er ikke hensyntatt. Modellfilene ble delt opp etter fag, slik at hvert enkelt fag hadde hver sin modell (slo sammen sprinkler og rør) og hvert fag fikk sin egen borehulleksport, da dette er den naturlige arbeidsfordelingen i en prosjektorganisasjon. Vi modellerte kun for plan U2, U1 og 1. Ingen av fagene fikk alle hullene modellert, dette vil fremgå under eksport-kapittelet. Evt. kollisjoner mellom fag og objekter har vi ikke sett på i denne omgang, vi har kun valgt å prosjektere for å se på arbeidsmengde, prosjektering og mengden av borehull som et bygg av en slik størrelse kan produsere.

Totalt tidsforbruk ved prosjekteringen av borehullene til alle fagene var ca. to timer pr. etasje. Dvs. totalt ca. 11 timer. Vi antar at denne tiden vil gå litt ned for hver gang man prosjekterer, inntil den stabiliserer seg. For å få effektivisert prosjekteringen av borehullene enda mer, anbefales det at de som lager modelleringsverktøyene og -tilleggspakkene implementerer borehull funksjonaliteten i sine program/pakker. Slik at når man prosjekterer kabelbroer, kabler, himlinger, rør, ventilasjonskanaler, osv., har man ved noen små valg også prosjektert ferdig borehullene. En annen sak som vil føre til fortløpende i prosjekteringen av borehullene er dersom leverandørene på forhånd implementerer borehullene i sine objekter.

3.1.7.1 Prosjekterte borehull i ARK

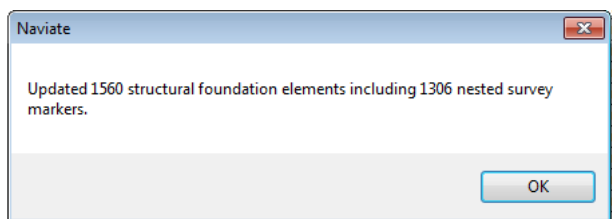
Borehull for bafler i tak og himlingsoppheng ble modellert for de tre planene. Her brukte vi plasseringene til bafler og himlinger i arkitekttegningen som grunnlag for prosjekteringen. Plasseringen av hullene ble basert på ca. hver 1,2m for himlingene og i hver ende og mellom baflene.



Figur 3.1.7.1-1: Bildet over viser antall borehull for himling og bafler i ARK-modellen.

3.1.7.2 Prosjekterte borehull i RIR

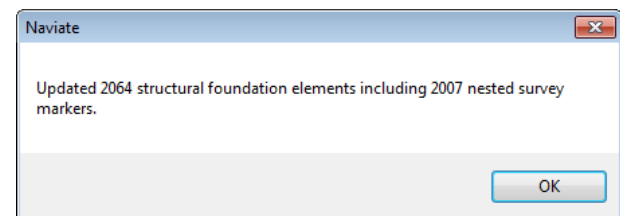
Borehull for rør og sprinkler ble modellert for de tre planene. Her var en IFC-fil fra rørlegger som var grunnlaget, vi åpnet IFC-filen i Revit og lagret den til en .rvt-fil. Prosjekterte deretter inn borehullene. Dette fungerte greit, men nullpunkt er det viktig å ha avtalt på forhånd i prosjektet.



Figur 3.1.7.2-1: Bildet over viser antall borehull for rør og sprinkler i RIR-modellen.

3.1.7.3 Prosjekterte borehull i RIE

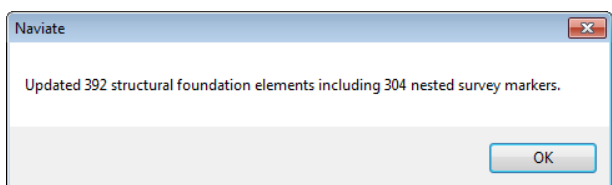
Borehull for elektro, kun bæresystemer og belysning med kabling, ble modellert for de tre planene. Her brukte vi vår egen fagkunnskap og gjorde en generell prosjektering. Vi nøstet inn borehull i lysarmaturene og brukte linjehull og frittstående borehull.



Figur 3.1.7.3-1: Bildet over viser antall borehull for bæresystemer og belysning i RIE-modellen.

3.1.7.4 Prosjekterte borehull i RIV

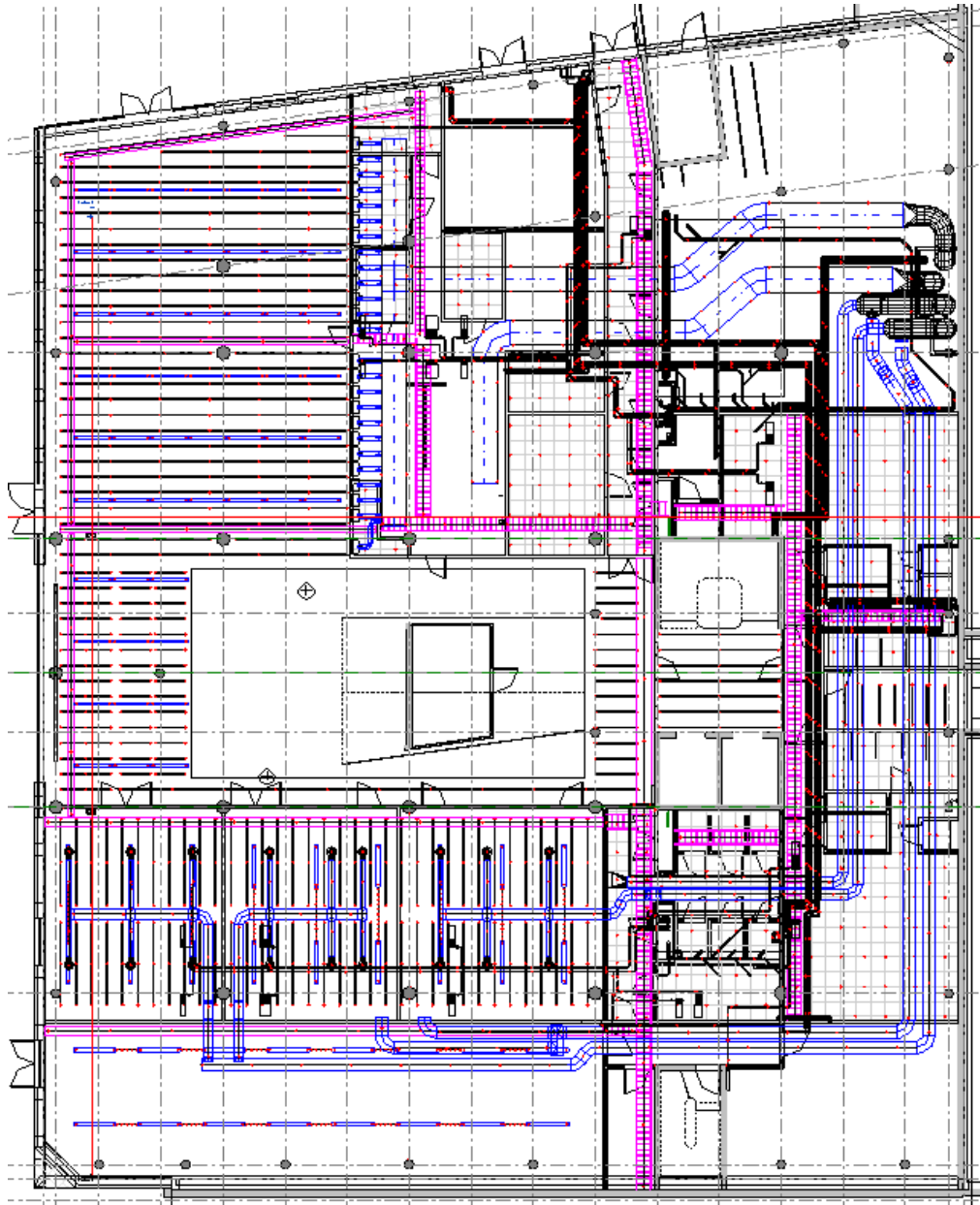
Borehull for ventilasjon ble modellert for deler av plan 1, men det ble modellert «komplett» for de to andre planene. Her gikk det greit, vi prosjekterte denne først da vi antok at den ville ha minst borehull, noe som viste seg å stemme.



Figur 3.1.7.4-1: Bildet over viser antall borehull for ventilasjon i RIV-modellen.

3.1.7.5 Prosjekterte fag i Origo satt inn i samme modell

For å visualisere det vi har prosjektert, valgte vi å sette alle fagene sammen i en modell. Som bildet under viser ble det i enkelte områder veldig trangt og uoversiktlig. Det var noen kollisjoner, men disse tok vi ikke for oss i denne omgang. Som nevnt tidligere ville en kollisjonskontroll utført av BIM-kordinator ha bedret betraktelig på problem- og kollisjonsområdene.



Figur 3.1.7.5-1: Bildet over viser alle fagene samlet i plan U1, en god del installasjon som skal i taket.

3.2 Eksport fra Revit

Det er mulig å eksportere til mange filformater fra Revit®. Vi har i denne oppgaven valgt ut noen av de mest vanlige (etter vår mening), for å se om de eksporterte formatene inneholder noe informasjon som boreroboten kan benytte. Til dette benyttet vi den enkle modellen (Egen modell), for å få bedre kontroll med dataene vi eksporterte.

Det er ikke sett på spesialtilpassede eksportmuligheter, i og med at vi ønsket å finne løsning innenfor åpne formater.

Følgende formater forsøkte vi eksport til:

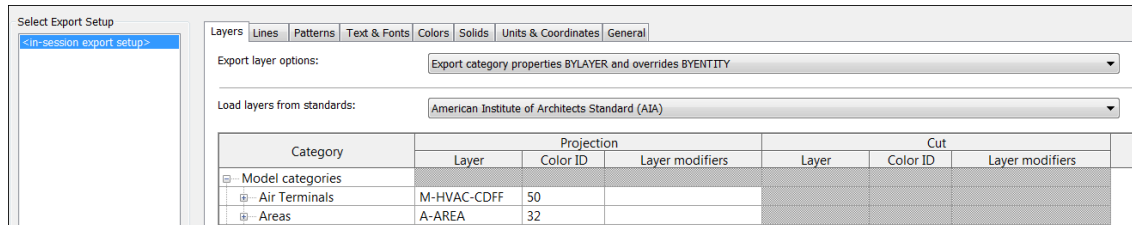
- DWG (3.2.1)
- DWF (3.2.2)
- IFC (3.2.3)
- TXT (3.2.4)



Figur 3.2-1: Eksportvalgene i Revit

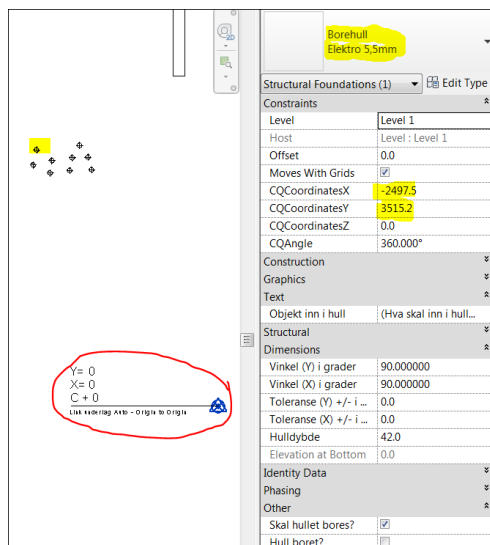
3.2.1 DWG tegningsformat (2D)

Det er mulig å redusere omfanget og detaljgraden på hva som skal eksporteres fra Revit® (Revit R->Export->CAD formats->DWG), samt styre hvordan informasjon i Revit® eksporteres til riktig (ønsket) CAD – lag. Vi valgte å eksportere med høy detaljgrad og hele modellen/planet (etg.), og benyttet standarden fra AIA (American Institute of Architects) for eksport til CAD-lagstruktur.

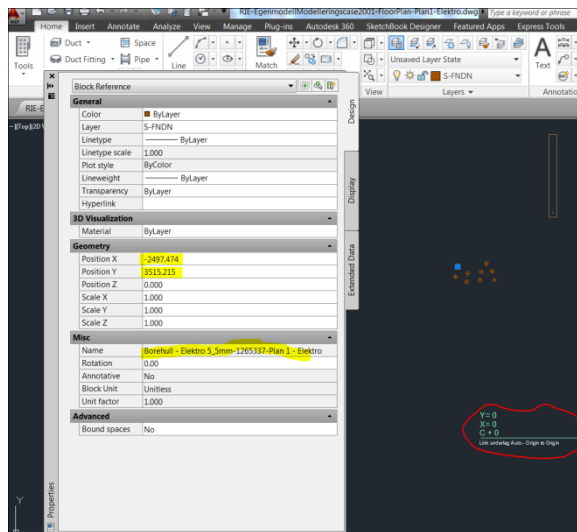


Figur 3.2.1-1: Oppsettmuligheter ved eksport til CAD-formatet

Etter eksport ble dwg fila åpnet i AutoCad for å se om markørene for borehull kom over og om de hadde opplysninger om posisjon. Markørene ble egne blokker i AutoCad, med samme navn som objekt-typen i Revit®, og hver blokk hadde X, Y og Z posisjon. Som stemte med posisjonen i Revit®. Andre opplysninger som hulldybde, -diameter, osv., kom ikke med i eksporten.



Figur 3.2.1-2: Utsnitt fra Revit®



Figur 3.2.1-3: Utsnitt fra Autocad®

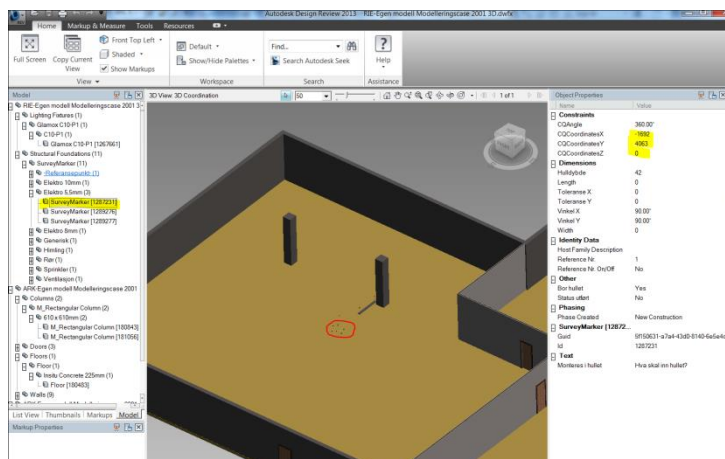
3.2.2 DWF/DWFX

Eksport til disse formatene kan sies å være Autodesk sitt alternativ til PDF formatet, og det er Autodesk® Design Review (gratis programvare som kan lastes ned fra hjemmesiden til Autodesk) som benyttes til formatene. Microsoft XPS Viewer kan også benyttes på DWFX, men ikke for 3D. Det kan eksporteres 2D- og 3D-visninger fra Revit® (Revit R->Export->DWF/DWFX) til dette formatet, og objektinformasjon blir med. Bruk av DWFX gir mer informasjon, men også større filer (som ikke alltid er ønskelig).

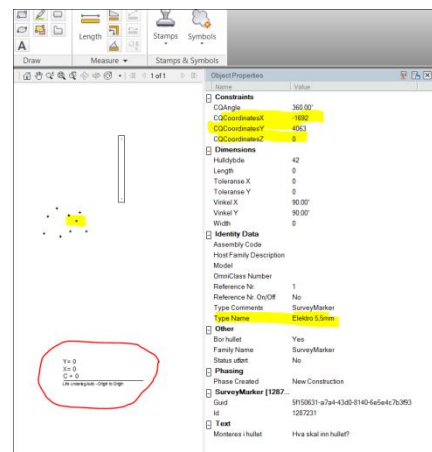
Navn	Dato endret	Type	Størrelse
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001 3D	08.04.2014 19:02	Autodesk DWFX Document	350 kB
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001 Plan 1 2D	08.04.2014 19:06	Autodesk DWFX Document	94 kB
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001 Plan 1 2D-dwf	08.04.2014 19:06	Autodesk DWF Document	18 kB

Figur 3.2.2-1: Filstørrelser for DWFX og DWF

Utsnittene fra Design Review under viser samme punktet som vist i CAD eksporten ovenfor, men her ser vi at objektinformasjon kommer med. Vi fant ikke noe mulighet til å eksportere eller lagre til annet format fra Design Review.



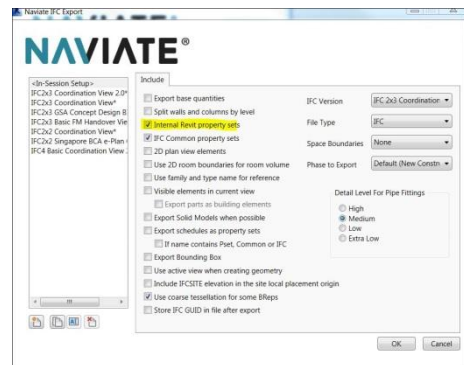
Figur 3.2.2-2: Eksport fra 3D view til DWFX



Figur 3.2.2-3: Eksport fra 2D til DWFX

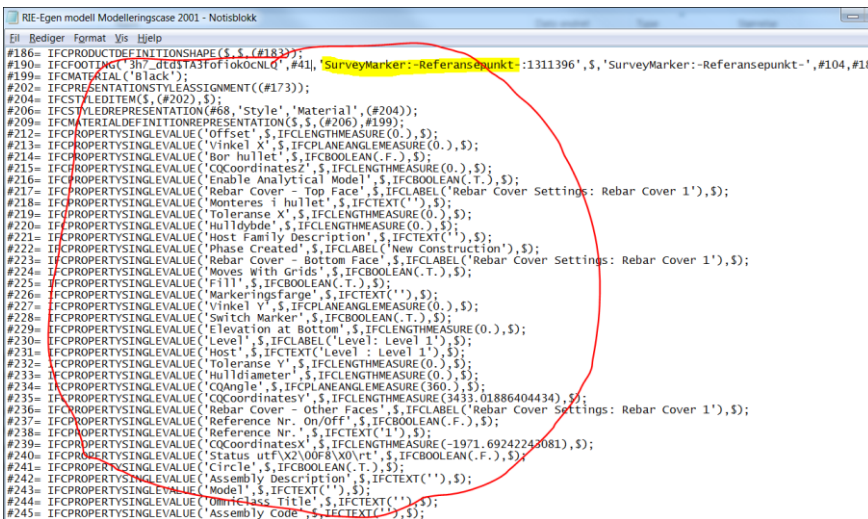
3.2.3 IFC

Vi eksporterte til IFC versjon 2x3 (Revit R->Export->IFC), med oppsett som vist i skjermbildet. I Revit® og Naviate® er det mulig styre hva som eksporteres til IFC formatet. For å få med borehullinfo i eksporten så er det viktig at det er krysset av for «Internal Revit property sets». Dette for at informasjonen som er på de egendefinerte «SurveyMarker»-objektene skal komme med i eksporten.



Figur 3.2.3-1: Oppsett der egendefinerte propertyfelt blir med i eksport

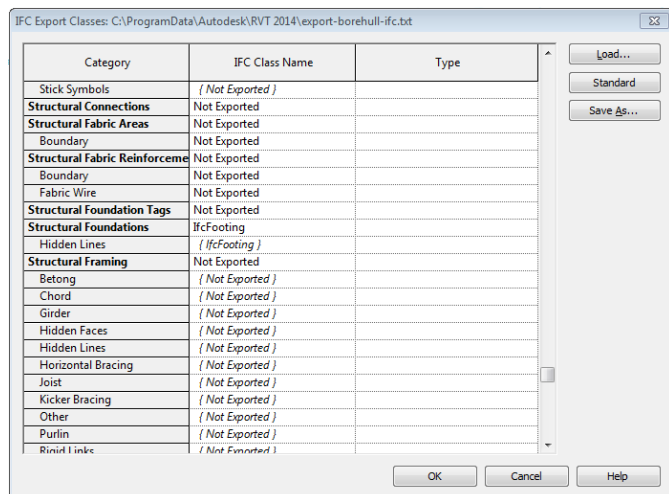
Etter eksport åpnet vi den eksporterte fila i notisblokk for å se etter borehullinformasjonen. Dette gjorde vi med å søke etter «survey». Vi fant all borehullinformasjon i IFC-eksporten. IFC formatet er et komplekst filformat så det vil nok være behov for programmerere med dybdekompetanse på IFC for å sjekke dette helt sikkert.



Figur 3.2.3-2: Den eksporterte IFC-filen vist i notisblokk, med opplysninger for SurveyMarker: -Referanspunkt-.

Når vi eksporterte med standard innstillinger til IFC fra Origo, ble IFC-filene veldig store. Vi bestemte oss derfor for å overstyre eksportinnstillingene som bestemmer hvilke kategorier som skal eksporteres. Vi eksporterte hovedsaklig kun ut «Structural Foundations», altså kategorien familien SurveyMarker tilhører. Dette viste seg å være en

veldig effektiv måte å redusere filstørrelsene på IFC-filene, ARK-fila gikk fra 55MB til 12MB og vi fikk eksportert ut alle borehullene. Disse eksportinnstillingene lagret vi i en innstillingsfil «export-borehull-ifc.txt» (Revit R->Export->Options->IFC Options). Man må fortsatt huske å krysse av slik at egendefinerte parametere blir med i eksporten, ref. figur 3.2.3-1 opp til høyre.



Figur 3.2.3-3: IFC eksportinnstillingsfilas redigeringsdialog i Revit.

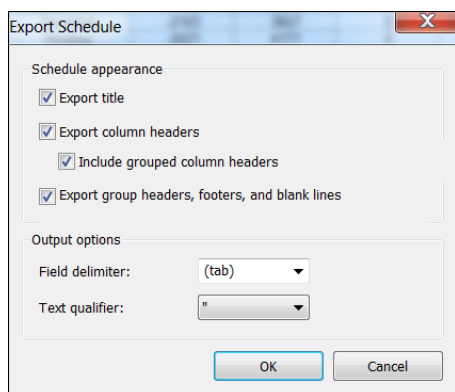
3.2.4 TXT

Utgangspunktet for eksport til TXT formatet er tabellen (schedule) <Borehull> (hvordan den er satt opp er forklart i kapittelet «Utlisting av hullene i tabellen Borehull»). I den tabellen er alle borehullene (SurveyMarker) med tilhørende posisjonsreferanse (X, Y, Z) til aktivt site (nullpunkt) og andre opplysninger med. Det er viktig at alle som eksporterer borehull på denne måten til boreroboten, har eksakt samme oppsett på tabellen. Ellers får man feil egenskap på feil plass.

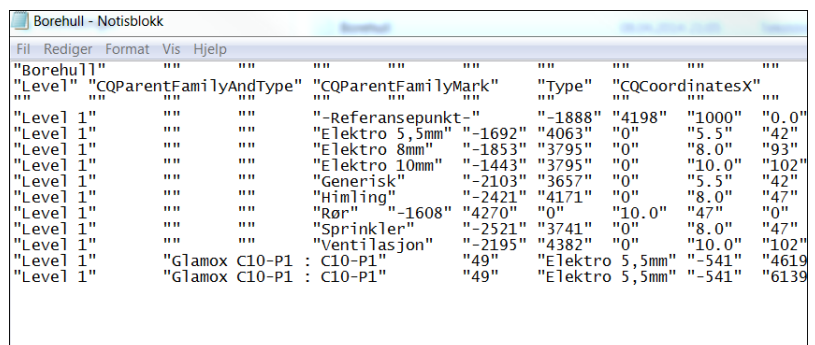
Med standard funksjonalitet i Revit® (Revit R->Export->Reports->Schedule) eksporterer man til .txt formatet. Deretter er det da enkelt å importere til Excel eller andre program. Ved eksport er det er mulig å velge om tittel, kolonneoverskrifter skal bli med på eksporten samt hvordan kolonner og tekst skiller overføres til TXT fila. Hvilke valg som gjøres for dette er viktig informasjon for den som skal benytte den eksporterte TXT fila. Vi har valgt å la alt være standard i eksporten.

Level	CQParentFamilyAndType	CQParentFamilyMark	Type	CQCoordinatesX	CQCoordinatesY	CQCoordinatesZ	Hulldiamet	Hull
Level 1			-Referansepunkt	-1888	4198	1000	0.0	4
Level 1			Elektro 5,5mm	-1692	4063	0	5.5	4
Level 1			Elektro 8mm	-1853	3795	0	8.0	9
Level 1			Elektro 10mm	-1443	3795	0	10.0	10
Level 1			Generisk	-2103	3657	0	5.5	4
Level 1			Himling	-2421	4171	0	8.0	4
Level 1			Rør	-1608	4270	0	10.0	4
Level 1			Sprinkler	-2521	3741	0	8.0	4
Level 1			Ventilasjon	-2195	4382	0	10.0	10
Level 1	Glamox C10-P1 :	49	Elektro 5,5mm	-541	4619	2000	5.5	4
Level 1	Glamox C10-P1 :	49	Elektro 5,5mm	-541	6139	2000	5.5	4

Figur 3.2.4-1: Utsnitt fra Tabellen Borehull som viser rapport over alle borehullene i modellen.



Figur 3.2.4-2: Standardoppsett ved av tabelleksport til TXT i Revit.



Figur 3.2.4-3: Innhold i TXT fil vist i notisblokk.

3.2.5 Eksport fra Origo

Det ble veldig mange hull i Origo, til tross for at vi begrenset mengden prosjektering i denne omgang. Vi valgte å eksportere til TXT. Ut fra tabellen Borehull og til IFC, med kun eksport av borehullene. Det gjorde vi fordi vi følte at disse eksportene var de mest hensiktsmessige for videre bruk til boreroboten og de som gav oss best oversikt. Som vi så av tallene i tabellen over ble det en hel rekke med hull i et slikt bygg, totalt ble det 6335 stk. (ref. figur 3.2.5-1). En stor mengde med tanke på at vi ikke modellerte fullstendig på hvert plan og heller ikke for alle plan. I figur 3.2.5-2 under, vises en tabell som viser antall borehull for hvert enkelt fag. Det er også en utregning på mengde av borehull dersom vi hadde prosjektert alle hull (Antatt totalt antall), basert på estimert prosjekteringsgrad.

Figur 3.2.5-1: Tabellen viser antall borehull pr. plan.

Antall hull pr. plan	Areal pr. plan	Antall borehull
Plan 01	849	2 582
Plan U1 Sokkel	1 268	1 919
Plan U2 P-Kjeller	1 321	1 834
Totalsum	3 438	6 335

Figur 3.2.5-2: Tabellen viser antall borehull pr. plan pr. fag, med antatt totalt antall borehull pr. fag for de tre etasjene.

Antall hull pr. plan pr. fag	Antall borehull	Prosjekteringsgrad (%)	Antatt totalt antall
ARK	2 323	90	2 581
- Plan 01	1 492		
- Plan U1 Sokkel	830		
RIE	2 064	75	2 752
- Plan 01	687		
- Plan U1 Sokkel	461		
- Plan U2 P-Kjeller	915		
RIR	1 560	85	1 835
- Plan 01	262		
- Plan U1 Sokkel	402		
- U2 P-kjeller	895		
RIV	391	75	521
- Plan 01	141		
- Plan U1 Sokkel	226		
- Plan U2 P-Kjeller	24		
Totalsum	6 335		7 690

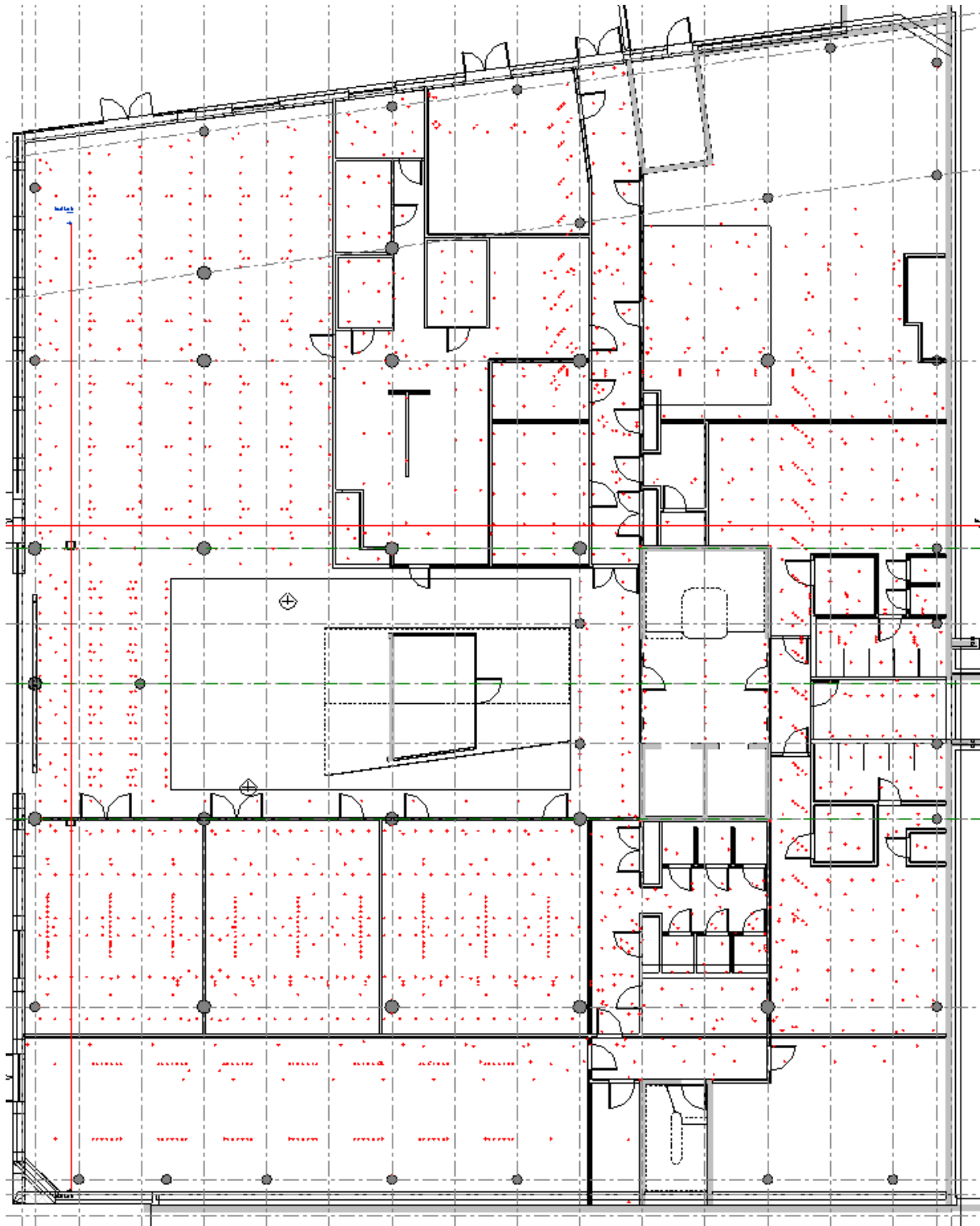
Som vi så av tabellen i figur 3.2.5-2, var det ARK som produserte flest hull i det vi prosjekterte, deretter fulgte RIE, RIR og RIV. Ut fra antatt ferdigprosjektert (i %) utregningen derimot, vil RIE produsere flest borehull, deretter følger ARK, RIR og RIV. Det man bør huske er at det ikke er himling i plan U2, noe som ville ført til at ARK hadde flest borehull både prosjektert og antatt ferdigprosjektert.

Figur 3.2.5-3: Tabellen viser antatt totalt antall hull for hele bygget

	Antall borehull	Areal (de tre planene)	Snitt hull pr. m ²	Totalt areal	Antall hull hele bygget
Prosjektert	6 335	3 438	1,84	12 000	22 112
"Ferdig"prosjektert	7 690	3 438	2,24	12 000	26 841

Tabellen over viser antatt totalt antall hull for hele bygget basert på snittet av antall hull pr. m² vi prosjekterte (og antatt ferdigprosjektert). En stor mengde hull. Bildet på neste side viser borehullene for alle fag i plantegningen for plan U1, som med sine 1919 prosjekterte borehull viser bildet at det absolutt skal bores en solid mengde hull i plan U1. Som vi så av tabellene i figur 3.2.5-1 og 3.2.5-3 øverst til høyre og nederst på denne siden så skal det en god del borehull i de andre etasjene også.

Eksporten til TXT gikk fint og tabellen Borehull hjalp oss til å luke unna feil ved noen av borehullene. Eksporten til IFC gikk også fint, men noen av filene ble enormt store og vi valgte som beskrevet tidligere og eksporterte hovedsakelig familien Borehull/SurveyMarker. Dette førte i snitt til at filenes størrelse ble redusert med ca. 70%, enormt plassbesparende og mye lettere for annen programvare (LES: boreroboten) å jobbe med filene etterpå.



Figur 3.2.5-4: Bildet viser borehull for alle fag for plan U1, totalt ble det 1919 hull i denne etasjen.

3.3 Momenter ved import av borehull til borerobot

Det er ikke satt av penger i det inneværende IFU-prosjektet til å lage en importrutine til boreroboten. Det som kommer i teksten under, belyser momenter som man kan velge å ta hensyn til under utarbeidelse av en slik rutine.

- Boreroboten bør kunne lese arkitekt-/RIB-modellen og gjøre seg opp meninger om hvor den vil få problemer. Hvor objekter (søyler, vegger, m.m.) er i veien. Dette bør den kunne gjøre ut fra en IFC-modell.
- Boreroboten bør kunne skille på hvilken etasje borehullene er i og om de skal bores eller ikke, den bør kunne forstå alle parameterne som er satt tidligere i denne prosjektoppgaven.
- Boreroboten bør kunne importere borehull fra flere modeller samtidig. Den bør også si ifra dersom noen hull kolliderer med hverandre (selv om det bør ha vært kjørt en koordinering og kollisjonskontroll på forhånd).
 - o IFC
 - IFC-importen må inkludere borehullinformasjonen da den, ikke er med i IFC-standard.
 - o TXT
 - Det bør være en enklere import i tillegg til IFC. Vi anbefaler en import basert på TXT-eksporten vi lagde ut fra tabellen Borehull. Denne får med seg etter vårt syn, det man behøver av informasjon og kan enkelt reproduseres. Evt. lages for «hånd» dersom det er noen helt spesielle hull som skal bores og man ikke har et BIM-prosjekteringsverktøy tilgjengelig.
- Dersom boreroboten ikke får til å bore et hull, bør den gi beskjed om dette tilbake til borerobotoperatør via nettbrettet. For eksempel ved hjelp av «Status utført»-parameteret.

4. Diskusjon

For at boreroboten skal kunne nyttiggjøres maksimalt er det en del forutsetninger som må være på plass. Første steg vil være at bygge- og prosjekteringsprosessen blir gjort i henhold til BIM og LEAN, men det er nok ikke nok bare med det. Alle som er involverte i prosessen må forstå disse prinsippene og hva det vil kreve av de som leverer varer, tjenester, osv., til en slik byggeprosess, og ikke minst hva dette krever av byggherre. En ting er å si at man skal bygge iht. BIM og LEAN, men en annen ting er å gjennomføre dette. Beslutninger må tas mye tidligere i prosessen og det er veldig viktig at beslutningsgrunnlaget er til stede i god tid. Skal boreroboten kunne bore plan for plan krever dette også sitt, man kan ikke ha flere hindringer i veien enn det som kreves for å holde bygget oppe. Man kan ikke ha objekter unødig i veien, som f.eks. esker med materiell osv. Bygningsmessige hindringer bør roboten selv tolke ut fra tegningen til bygget. Den vil kreve et helt tomt plan, med bare råbetongen og ytterkledningen. Ingen fagarbeidere, andre enn borerobot operatøren(e), bør være i området når boreroboten «slippes løs» i en etasje.

Hvordan boreroboten posisjonerer seg og til enhver tid vet hvor den er i bygget, er helt vesentlig for at man skal kunne oppnå gevinst ved å bruke den. Finner man en ordentlig og presis løsning, så vil man kunne benytte roboten til det fulle. Full utnyttelse av den står og faller på dette. Den kan da bore alle hull den når frem til. Den potensielle løsningen skissert i denne prosjektoppgaven med lasertracker er muligens veien å gå for å oppnå presisjonen man behøver, men dette vil man først finne ut av når man utfører tester med dette. Det er også mulig det finnes andre løsninger som vil gi god nok nøyaktighet. Det som er viktig å tenke på er at man er innendørs og det fort kommer noen objekter (søyler m.m.) i veien, da boreroboten er mobil. Løsningen for posisjonering bør være rimelig og enkel å håndtere.

De helsemessige gevinstene ved å benytte en borerobot er ganske selvsikre for alle som har boret en god del hull i betong, og spesielt i taket. Det er en belastende arbeidsstilling, og dersom en borerobot f.eks. klarer å bore 60-80 % av hullene som skal bores så har man store besparelser både når det kommer til helsegevinsten, frigjørelsen av arbeidskraft og hvor raskt de hullene ble boret kontra konvensjonell boring. Frigjørelsen av arbeidskraft, dette blir da arbeidskraft som egentlig skulle boret, men som kan gjøre noe annet produksjonsarbeid i stedet. Samt at man får boret hullene raskere, som er en klar økonomisk gevinst. Tall på dette bør fremgå av studier når boreroboten er klar for dette stadiet.

De som skal prosjektere, må også tenke på borehullene, og få prosjektert disse. De må også sette seg inn i hvor man kan bore. Det stilles store krav til felles nullpunkt, kollisjonskoordinering, kompetanse og kunnskap om kravene til hvert enkelt borehull for de forskjellige komponentene som skal monteres/henges i/fra taket. Man må også ha noe kunnskap om parametere og nøsting av borehull i Revit (BIM-verktøy). Borehullene bør optimaliseres for prosjektering av programvare- og tilleggs pakkeleverandører, dette er et viktig punkt for å få optimalisert tidsbesparelsen ved å forhåndsprosjektere borehull. Utstysleverandører bør ha ferdignøstet «SurveyMarker» eller tilsvarende objekt i sine objekter, og da slipper man å prosjektere borehull for disse. Leverandørene av programvare- og tilleggs pakker bør også lage egne programsnutter kun for Borehull slik at man ikke fortsetter å benytte SurveyMarker.

Borehull/SurveyMarker og Linjehull slik vi lagde de, var enkle å forholde seg til å prosjektere med. Valget av korrekte verdier for borediameter og -dybde var vanskeligere og vil kreve en del

bearbeidelse for hvert enkelt fagfelt og firma, da det garantert er individuelle løsninger for de ulike typene utstyr som skal monteres.

Det bør enes om standard parameterverdier for Borehull/SurveyMarker, og deretter bør disse implementeres i IFC-standarden. På denne måten får man en felles plattform og universell forståelse for alle borehullparameterne. Dette vil også sikre at alle eksporter av borehull vil være like og boreroboten slipper unike tilpasninger for hvert enkelt prosjekteringsprogram som vil eksportere borehull til den.

Eksporten var enkel og grei i både TXT og IFC, ingen av de andre formatene gav oss all den informasjonen vi ville ha ut. Dette krever dog at tabellen Borehull er eksakt lik, for hver eksport til TXT og at man har valgt å ta med «Internal Revit property sets» ved IFC-eksport. Ved IFC kan det være lurt å gjøre begrensninger i eksporten slik at man bare eksporterer borehullene, da dette minker filstørrelsen, som igjen fører til at filen blir enklere å håndtere for boreroboten. Feilene som kan oppstå ved at man har benyttet TXT eksport med feil i tabellen Borehull er veldig store, og av den grunn er det naturlig at IFC er et bedre alternativ som eksportmetode av borehullene til boreroboten.

nLink AS bør implementere det som er skrevet under kapittel 3.3 Momenter ved import til boreroboten. Boreroboten bør i tillegg få utskiftbare bor, både for når bor går i stykker og når man skal bore hull i andre diametere. Roboten bør monteres på lift og kunne styre denne selv, under overvåking. Den bør også kunne markere hvilket fag som har hvilket hull. Dette kan gjøres med å stappe en liten farget papirlapp el.l. i hullet slik at den stikker litt ned med individuelle farger til hvert av fagene. Etter hvert bør man se på om den kan montere det som skal i hullet; plugg, ekspansjonsbolter, m.m. Etter at dette er i orden, bør man også forske videre på hvilke andre oppgaver denne roboten kan utføre, og ikke bare se på den som en borerobot. Det finnes uendelig mange muligheter og bruksområder.

5. Konklusjon

Borerobotteknologi kan integreres med BIM.

Boreroboteffektivitet med besparelse av mannskap og tid: I en bransje hvor tid er penger og behovet for faglært arbeidskraft er stort, vil dette absolutt være en besparelse. Man legger litt mer tid inn i prosjekteringen og får igjen for det med en stor besparelse i tid og arbeidskraft. Prosjekteringen av borehull med SurveyMarker er det bare å starte med, eksport til åpne formater er fullt mulig, men her som på mange andre områder, gjenstår det en del standardiseringsarbeid. Så lenge man jobber videre med og løser posisjoneringa av boreroboten, vil dette være med på å øke produktiviteten til byggebransjen i fremtida.

Kilder

- Autodesk. (u.d.). *REVIT*. Hentet 03 22, 2014 fra <http://www.autodesk.no/products/autodesk-revit-family/overview>
- Autodesk Revit. (2013). *Autodesk Revit*. Hentet 12 11, 2013 fra <http://www.autodesk.com/products/autodesk-revit-family/overview>
- BAIT AS. (2014). Hentet 03 24, 2014 fra <http://www.bait.no/>
- Bråten, J. (2014, 05 12). Posisjonering av borerobot. *E-post korrespondanse*. Trondheim, Sør-Trøndelag, Norge.
- buildingSMART. (2010). *buildingSMART Norge*. Hentet 09 2012, 2012 fra buildingSMART Norge: www.buildingsmart.no
- Byggkostprogrammet. (2010). *Resultatrapport prosjekt 14318 Organisasjonsutvikling og læring knyttet til trimmet bygging*. Hentet 02 23, 2014 fra [http://www.byggkostnader.no/getfile.php/Filer/PDF'er%20fra%20prosjekter/Sluttrapport\(4\).pdf](http://www.byggkostnader.no/getfile.php/Filer/PDF'er%20fra%20prosjekter/Sluttrapport(4).pdf)
- Cad-Q. (2014). *Norge*. Hentet 03 22, 2014 fra <http://www.cad-q.com/no>
- Cad-Q Naviate. (2014). *Naviate*. Hentet 03 24, 2014 fra <http://www.cad-q.com/no/losninger/naviate>
- dwg. (2012). *dwg - Autodesk*. Hentet 09 17, 2012 fra Autodesk: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=6703438&siteID=123112>
- Eastman, e. a. (2011). *BIM Handbook A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Elmagasinet. (2013, 10). *Utvikler borerobot*. Hentet 01 27, 2014 fra http://www.elmagasinet.no/News/Show/2014.01.09/Utvikler_borerobot
- gml. (2012). *gml - Realisering SOSI GML*. Hentet 09 17, 2012 fra Statkart: http://www.statkart.no/filestore/ny/sosi/SOSI_pdf/del1_2_RealiseringSosiGml.pdf
- Graphisoft. (2012). *Slik kommer du igang med BIM - gjør det..* Hentet 09 17, 2012 fra Graphisoft: <http://www.graphisoft.no/page88102937.aspx>
- IFCbrowser. (2012). *IFC Engine Viewer*. Hentet 09 17, 2012 fra IFC Browser: <http://www.ifcbrowser.com/ifcengineviewer.html>
- Lewis, J. (2006). *Computer Science Illuminated*. Jones and Bartlett.
- nLink AS. (2013, 12 13). Borerobot Samarbeid nLink AS og Vintervoll. Sogndal, Sogn og Fjordane, Norge.

OpenBIM. (2012). *The BIM Evolution Continues With OpenBIM*. Hentet 09 17, 2012 fra OpenBIM: <http://buildingsmart.com/about-us/buildingsmart-international/OPEN%20BIM%20ExCom%20Agreed%20Description%2020120131.pdf>

S. 2. (2012). *Gode bygg for eit bedre samfunn, Stortingsmelding 28, Det Kongelige Kommunal- og Regionaldepartement*. Bergen: Fagbokforlaget.

Schneider Electric Norge AS. (2014). *Schneider Electric Norge AS*. Hentet 04 05, 2014 fra www.schneider.no

SOSI. (2012). *SOSI - Kartverket*. Hentet 09 17, 2012 fra Kartverket: <http://www.statkart.no/nor/SOSI/>

St.meld. nr.28 Kommunal- og regionaldepartementet. (2012). *Gode bygg for et bedre samfunn*. St.meld. nr.28: Regjeringa Stoltenberg II.

Vintervoll AS Bedriftsundersøkelse. (2009). *Arbeidsstillinger, forslag til tiltak*.

Wormack, J. P., Jones, D., & Roos, D. (1990,2003). *The Machine that changed the world: The Story of Lean Production*. free press.

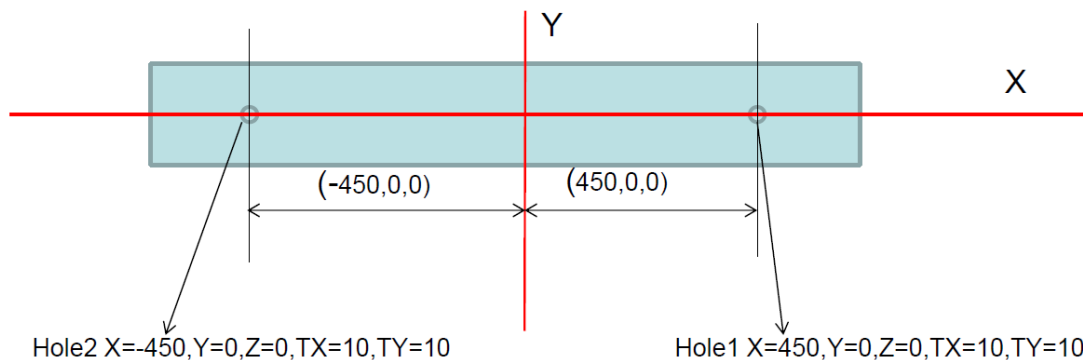


Forslag til parametre i BIM filer for robot boring av festehull for armaturer.

Torgeir Lunde
17.02.2014
Ver.1.0



Armaturen defineres med en senterlinje på Langs=X og på tvers =Y



X,Y = posisjon i forhold til senterlinjer i mm
Z kan være hulldybde??
TX= Toleranse i X retning
TY=Toleranse i Y retning

Legges inn som shared parameter i Dimmensions
Legges inn som type = text, med kommaseparering mellom felter.

Dimensions	
Width	154.0
LumWidth	68.0
LumLength	1200.0
Length	1237.0
Hole2	X=-450,Y=0,Z=0,TX=10,TY=10
Hole1	X=450,Y=0,Z=0,TX=10,TY=10
Height	52.0

Eksempel C10-S1 150

Wattage	L (mm)	C (mm)	C1 (mm)
28/54W	1237	1200	900
35/49/80W	1537	1500	1200
14/24W	637	600	300
Module	B (mm)	E (mm)	
150	154	55	
220	229	93	
440	446	130	
480	484	168	

Dimensions	
Width	154.0
LumWidth	68.0
LumLength	1200.0
Length	1237.0
Hole2	X=-450,Y=0,Z=0, TX=10, TY=10
Hole1	X=450,Y=0,Z=0, TX=10, TY=10
Height	52.0

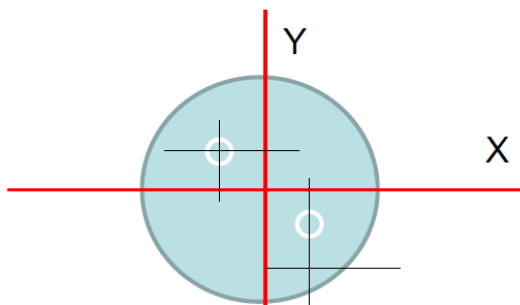
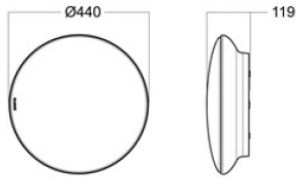
Eksempel C51-S 540

Modul	L (mm)	B (mm)	C (mm)	C1 (mm)
228/54	1196	287*	1050	955
235/49/80	1496	287*	1350	1255
328/54	1196	413**	1050	955
335/49/80	1496	413**	1350	1255
540 428/54	1196	563***	1050	955
540	1496	563***	1350	1255
435/49/80	1196	413**	1050	955
400 428/54	1496	413**	1350	1255
400	1496	413**	1350	1255
435/49/80	1196	413**	1350	1255

*=2 Raster, **=3 Raster, ***=4 Raster

Dimensions	
Width	154.0
LumWidth	68.0
LumLength	1200.0
Length	1237.0
Hole4	X=-450,Y=60,Z=0, TX=20, TY=20
Hole3	X=-450,Y=-60,Z=0, TX=20, TY=20
Hole2	X=450,Y=60,Z=0, TX=20, TY=20
Hole1	X=450,Y=-60,Z=0, TX=20, TY=20
Height	52.0

Eksempel A10-S



Dimensions	
Width	154.0
LumWidth	68.0
LumLength	1200.0
Length	1237.0
Hole2	X=-50,Y=30,Z=0, TX=10, TY=10
Hole1	X=50,Y=-30,Z=0, TX=10, TY=10
Height	52.0

Vedlegg 02 - Filvedlegg til prosjektet

Følgende filer er lagt ved som filvedlegg til denne prosjektoppgaven (begrenset tilgang pga. opphavsrettigheter, Vintervoll AS kan kontaktes for forespørsel om tilgang):

Filnavn	Kommentar
BOREHULL	
Borerobot-delte parametere.txt	<i>Parameterinnstillinger for delte parametere i Revit</i>
SurveyMarker.rfa (Norsk)	<i>Revit familie</i>
Linjehull Elektro 5,5mm.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Elektro 8mm.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Elektro 10mm.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Generisk.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Himling.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Rør.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Sprinkler.rfa	<i>Revit familie</i>
Linjehull Ventilasjon.rfa	<i>Revit familie</i>
SurveyMarker.rfa (Engelsk)	<i>Revit familie</i>
Hole Line Ceiling.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Electro 5,5mm.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Electro 8mm.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Electro 10mm.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Generic.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Plumbing.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Sprinkler.rfa	<i>Revit familie</i>
Hole Line Ventilation.rfa	<i>Revit familie</i>
export-borehull-ifc.txt	<i>Eksport innstillinger for Borehull i Revit</i>
EGEN MODELL	
ARK-Egen modell Modelleringscase 2001.rvt	<i>Revit-modell for arkitekt</i>
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001.rvt	<i>Revit-modell for rådgivende ingeniør elektro</i>
RIE-EgenmodellModelleringscase2001-FloorPlan-Plan1-Elektro.dwg	<i>AutoCad-eksport fra Egen modell</i>
RIE-EgenmodellModelleringscase2001-FloorPlan-Plan1-Elektro-ARK-EgenmodellModelleringscase2001-rvt-1-Plan1-Elektro.dwg	<i>Underlagsfil for AutoCad-eksport fra Egen modell</i>

RIE-Egen modell Modelleringscase 2001 3D.dwfx	<i>Design Review-eksport fra Egen modell</i>
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001 Plan 1 2D.dwfx	<i>Design Review-eksport fra Egen modell</i>
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001 Plan 1 2D-dwf.dwf	<i>Design Review-eksport fra Egen modell</i>
RIE-Egen modell Modelleringscase 2001.ifc	<i>IFC-eksport fra Egen modell</i>
Borehull.txt	<i>TXT-eksport fra Egen modell</i>
ORIGO	
ARK-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt	<i>Revit-modell for arkitekt</i>
RIE-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt	<i>Revit-modell for rådgivende ingeniør elektro</i>
RIV-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt	<i>Revit-modell for rådgivende ingeniør ventilasjon</i>
RIR-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt	<i>Revit-modell for rådgivende ingeniør rør</i>
SAMLET-Origo Modelleringscase BIM2001.rvt	<i>Revit-modell Samlet for alle fag Origo</i>
ARK Borehull.txt	<i>TXT-eksport fra ARK Origo</i>
ARK-Origo Modelleringscase BIM2001 – SMALL.ifc	<i>IFC-eksport fra ARK Origo (Kun borehull)</i>
ARK-Origo Modelleringscase BIM2001.ifc	<i>IFC-eksport fra ARK Origo (Stor fil)</i>
RIE Borehull.txt	<i>TXT-eksport fra RIE Origo</i>
RIE-Origo Modelleringscase BIM2001 – SMALL.ifc	<i>IFC-eksport fra RIE Origo (Kun borehull)</i>
RIE-Origo Modelleringscase BIM2001.ifc	<i>IFC-eksport fra RIE Origo (Stor fil)</i>
RIR Borehull.txt	<i>TXT-eksport fra RIR Origo</i>
RIR-Origo Modelleringscase BIM2001 – SMALL.ifc	<i>IFC-eksport fra RIR Origo (Kun borehull)</i>
RIR-Origo Modelleringscase BIM2001.ifc	<i>IFC-eksport fra RIR Origo (Stor fil)</i>
RIV Borehull.txt	<i>TXT-eksport fra RIV Origo</i>
RIV-Origo Modelleringscase BIM2001 – SMALL.ifc	<i>IFC-eksport fra RIV Origo (Kun borehull)</i>
RIV-Origo Modelleringscase BIM2001.ifc	<i>IFC-eksport fra RIV Origo (Stor fil)</i>
INSTRUKSJONSVIDEO	
Lage Linjehull.m4v	<i>Instruksjonsvideo</i>
Nøste Borehull.m4v	<i>Instruksjonsvideo</i>
SurveyMarker Modifisering.m4v	<i>Instruksjonsvideo</i>
Tabellen Borehull.m4v	<i>Instruksjonsvideo</i>



Avsluttende Case BIM2001

Forprosjekt

BIM og robotteknologi

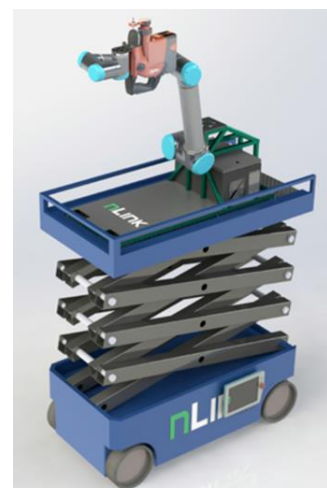


FORFATTER(E):

Halvard Sletvold

Per-Kristian Westermann

Dato: 21.01.14



Innhold forprosjekt

1. MÅL OG RAMMER	54
1.1. Bakgrunn (forprosjekt)	54
1.2. Prosjekt mål (Effekt mål og Resultat mål)	54
1.3. Rammer	55
2. OMFANG (FORPROSJEKT)	55
3. PROSJEKTORGANISERING	55
4. PLANLEGGING, OPPFØLGING OG RAPPORTERING	56
5. ORGANISERING AV KVALITETSSIKRING	56
6. PLAN FOR GJENNOMFØRING	56

1. MÅL OG RAMMER

1.1. Bakgrunn (forprosjekt)

Dette dokumentet er første del av emne 4, Modelleringscase BIM2001, som er avsluttende emne for et årsstudium i BygningsInformasjonsModellering (BIM) ved Høgskolen i Gjøvik.

Dette dokumentet beskriver en plan for undersøkelse av hvordan nLink AS sin borerobotteknologi kan integreres med BIM. Oppdragsgiver er Vintervoll AS.

Dette er et utviklingsprosjekt hvor nLink AS i samarbeid med Vintervoll AS, skal utvikle et robotbasert system, for automatisert boring i betong (kan brukes på andre materialer også). Utviklingsprosjektet har støtte fra Innovasjon Norge.

Den naturlige utviklingen videre etter utviklingsprosjektets første fase, vil være hvordan man kan få boreroboten til å nyttiggjøre seg informasjon rett fra en BIM-modell. Dette, basert på informasjon fra objektene det modelleres med. Det er ikke bevilget penger til denne fasen av prosjektet ennå, så vi vil drive undersøkende nybrottsarbeid for å finne ut om det er mulig å legge slik informasjon inn i en BIM-modell/-objekter. For så å få de eksportert ut til et format som boreroboten kan nyttiggjøre seg. Vårt mål er å finne en løsning på dette, basert på åpne standarder.

Linker og videoer av boreroboten:

<http://e24.no/naeringsliv/her-er-robotene-som-legger-fliser-og-borer-hull/21622507>

<http://www.tu.no/bygg/2013/10/03/her-er-robotene-som-legger-fliser-og-borer-hull>

<https://www.facebook.com/media/set/?set=vb.149723161744789&type=2>

<https://vimeo.com/79197936>

<https://vimeo.com/78353138>

1.2. Prosjektmål (Effektmål og Resultatmål)

Resultatmålet for oppgaven er å gjøre et forstudium for integrering av BIM, basert på åpne standarder, mot nLink AS sin borerobotteknologi.

Læringsmålet for oppgaven er å anvende, samt tilegne seg, kunnskap. Både teoretisk og praktisk (fra arbeidslivet og BIM-studiet ved HiG) til å beskrive ønsket løsning for integrering mellom åpen BIM- og robotteknologi for bruk på byggeplass.

1.3. Rammer

Prosjektoppgaven har tre veiledere; veileder fra Høgskolen i Gjøvik (HiG) er Bjørn Arild Godager (emneansvarlig), veileder fra nLink AS er Håvard Halvorsen (daglig leder) og veileder fra Vintervoll AS er Jan Kjelmo (installatør). Arbeidet er basert på frivillig arbeid og vil ikke medføre kostnader, hverken for Vintervoll AS eller nLink AS. Studentgruppen, består av Halvard Sletvold og Per-Kristian Westermann. Som vil være ansvarlige for innhold, fremdrift og gjennomføring av oppgaven. Avhengig av innspill fra nLink AS, kan rapporten få begrenset innsynsmulighet. Modelleringscasen tilsvarer 20 studiepoeng og innleveres 27.05.14.

2. OMFANG (FORPROSJEKT)

Vi vil gjøre et forstudium og undersøke om det er mulig å legge informasjon i en BIM-modell/-objekter, for så å få de eksportert ut til et format som boreroboten kan nyttiggjøre seg.

Vi vil kontakte programvareutviklere/-leverandører for å få med flere på laget. Vi vil lage en prøvemodell med boreinfo for eksportering til forskjellige formater, både åpne og lukkede, og se om vi finner igjen infoen vi ønsker å få ut. Altså, boreinfo til boreroboten.

Dette vil bli laget i Autodesk Revit, da det er den programvaren som vårt firma benytter. Vårt mål er å få infoen ut på et åpent filformat, vi ønsker at plasseringen av borehullene skal bli så enkel som mulig og med minst mulig behov for ekstraarbeid under normal prosjektering. Boreroboten vil påvirke en god del i byggebransjen m.m., dersom nLink AS klarer å realisere det de prøver å realisere. Med hensyn til dette vil vi også se på hvordan boreroboten vil framskynde overgangen til BIM-modellering av bygg og hvordan den forsterker kravet til fremdriftsplanlegging iht. til BIM. Samt, hvilke økonomiske konsekvenser dette har for boreeffektivitet og hvilke helsemessige fordeler en slik borerobot har. Vi vil gå igjennom hvordan boreroboten fungerer i dag og hvordan den er tenkt utviklet videre.

3. PROSJEKTORGANISERING

Per-Kristian Westermann og Halvard Sletvold er likestilt i prosjektet og er begge ansvarlige for framdrift og innhold.

Det er satt av en fast felles arbeidskveld i uka på fire timer, mandag fra kl. 15.00-19.00.

Vi har fått tillatelse av arbeidsgiver til å gjøre noe av prosjektarbeidet i normal arbeidstid, da de personene vi vil ha kontakt med er tilgjengelige da. Dette i tillegg til den faste arbeidskvelden. Bedriften vår er i oppgaveperioden (og videre fremover) engasjert i mange store jobber og det legger en god del krav på våre ressurser. Vi ser at dette gir oss noen utfordringer med tanke på å holde fremdriften, men ved å sette av faste arbeidskvelder håper vi dette skal gå bra.

4. PLANLEGGING, OPPFØLGING OG RAPPORTERING

Vi vil ved hver faste arbeidskveld vi møtes, avholde et statusmøte. Hvor vi går igjennom hva vi har gjort fra forrige gang, hva som gjenstår og hva vi skal gjøre videre. Med grunnlag av dette vil Gantt-diagrammet oppdateres fortløpende, på denne måten vil vi ha styring over fremdriften.

5. ORGANISERING AV KVALITETSSIKRING

Veilederne som er oppgitt under pkt. 1.3. Rammer, vil bli benyttet til å kvalitetssikre valg av tema, prosjektet, fremdrift og prosjektets sluttrapport.

6. PLAN FOR GJENNOMFØRING

Se Gantt-skjema under.

